UNIVERSAL
LIBRARY

Satz und Druck von A. Heine G. m. b. H., Gräfenhainichen

Inhaltsverzeichnis.

Waldwirtschaft und Waldstandort.

Seite

Über die Beziehungen des forstlichen Standortes zu dem Wachstum und dem Wirtschaftserfolg im Walde.

Von Professor Dr. Eilhard Wiedemann, Eberswalde, Preußische Forstliche Versuchsanstalt.

A. Einleitung.

Die folgenden „waldökologischen" Untersuchungen behandeln die Wechselwirkungen zwischen der Forstwirtschaft und dem Standort des Waldes, also einerseits die Frage, in welcher Weise die einzelnen Eigenschaften von Klima und Boden den Ertrag des Waldes und den Erfolg der menschlichen Maßnahmen im Wald beeinflussen und andererseits die Frage, ob und wie der Waldbestand an sich und diese menschlichen Maßnahmen die Standortseigenschaften in den verschiedenen Wuchsgebieten verändern.

Schon vor 100 Jahren war die große Bedeutung der Standortsbedingungen für den Erfolg des Waldbaues vor allem von Pfeil betont worden, der immer wieder darauf hinwies, daß man die forstlichen Maßnahmen je nach den standörtlichen Bedingungen verschieden gestalten müsse. Später hat dann das Streben nach allgemeinen Regeln und Vorschriften die Oberhand gewonnen. Am stärksten trat dies wohl in den „Normalertragstafeln" für die deutschen Hauptholzarten auf, in denen der Wachstumsverlauf für das ganze Leben bei den verschiedenen Standortsgüten niedergelegt war. Die Güte des Standorts sollte zwar die Gesamtleistung und entsprechend die Wachstumskurven heben oder senken können, der allgemeine Verlauf der Kurven aber sollte für die Bestände gleicher „Standortsgüte" in den verschiedenen Wuchsgebieten einheitlich sein. Diese Ertragstafeln hatten das Vorhandensein einheitlicher Wachstumsgesetze der einzelnen Holzarten für ganz Deutschland zur Voraussetzung. Ebenso hat die Waldbautechnik solche allgemeingültigen Wirtschaftsrezepte aufgestellt. Lange Zeit hielt man den Kahlabtrieb mit künstlicher Neubegründung und die Anzucht von reinen, nur aus einer Holzart bestehenden Beständen für allgemein richtig, später verwarf man ge-

rade diese Ziele wegen ihrer ebenfalls allgemein angenommenen Schädlichkeit für die Bodenkraft und suchte ebenfalls als allgemeines Wirtschaftsziel den Kahlschlag zu vermeiden und gemischte Bestände unter Beimischung bestimmter „bodenpfleglicher Holzarten" zu erziehen. Ebenso sollte die natürliche Verjüngung allgemein nach bestimmten Rezepten z. B. „Blendersaumschlag", „Schirmkeilschlag" durchgeführt werden. Auch der „Dauerwald" macht den Anspruch, eine große Produktionssteigerung durch die Anstrebung eines allgemein gültigen neuen Bestandesaufbaues zu erreichen.

Erst in den letzten Jahren hat der Kampf um die Richtigkeit dieser Generalregeln dazu geführt, daß die Standortsbedingungen der einzelnen Waldgebiete und ihr Einfluß auf die zweckmäßigste Wirtschaftsform wieder wie vor 100 Jahren genauer geprüft wurden, jetzt aber vorwiegend mit exakten Untersuchungen im Gegensatz zu den früheren gutachtlichen Urteilen.

Die Klärung dieser standörtlichen Fragen ist im Wald viel schwerer als in der Landwirtschaft. Vergleichende Versuche, die in der Landwirtschaft meist schon nach einem oder wenigen Jahren feste Ergebnisse bringen, dauern in den langlebigen Waldbeständen viele Jahre oder Jahrzehnte. In den vor 50 Jahren angelegten, bis heute beobachteten Versuchsflächen mußten vielfach Schlußfolgerungen, die nach 20jähriger Beobachtung sicher erschienen, nach weiteren 20 Jahren aufgegeben werden, weil es sich augenscheinlich um „kurzfristige" Reizwirkungen der veränderten Wirtschaftsform, um Einflüsse günstiger bzw. ungünstiger Witterungsperioden auf den Zuwachs usw. gehandelt hatte. Trotz dieser Schwierigkeiten können die zahlreichen älteren Versuche viel zur Lösung dieser standörtlichen Fragen beitragen.

Auch die unmittelbare Untersuchung dieser Standortsfragen mit naturwissenschaftlichen Methoden stößt auf große Schwierigkeiten, weil es sich durchwegs im Wald um ineinandergreifende Faktorenkomplexe handelt, die meist noch verwickelter liegen als in der Landwirtschaft. So sind die forstlichen Standorte viel verschiedener in Klima und Boden als in der Landwirtschaft. Denn gerade diejenigen Böden oder Klimazonen, die für die Landwirtschaft wegen einer extremen Eigenschaft nicht brauchbar waren, sind dem Wald verblieben. Außerdem ist der Boden nicht so wie in der Landwirtschaft durch langjährige Bearbeitung und Düngung einem gleichmäßigen optimalen Zustand angenähert worden, sondern er hat seine unausgeglichenen ursprünglichen Eigenschaften behalten. Hierdurch wird auch

innerhalb eines Versuches der Schluß von einer Einzelprobe auf den Durchschnitt des Bodens der Fläche unmöglich, und auch Mischproben des Bodens geben nur einen idealen Durchschnitt, aber nicht das oft entscheidende Mosaik der einzelnen Stellen.

Durch diese Schwierigkeiten war es früher, als jede einzelne Boden- oder Bestandsuntersuchung infolge der schwerfälligen Arbeitsmethoden noch großen Aufwand an Geld und Zeit erforderte, unmöglich, eine genügende Zahl von Untersuchungen zur allgemeinen Klärung der Probleme durchzuführen, vielmehr wurden vorwiegend vom Durchschnitt abweichende extreme Fälle untersucht, weil diese der Praxis besondere Schwierigkeiten machten. Deren Auswertung für die durchschnittlichen Verhältnisse führte natürlich mitunter zu Verzerrungen.

In den letzten Jahrzehnten wurde durch den außerordentlichen Fortschritt der Untersuchungsmethoden die Möglichkeit zur Bearbeitung großer Zahlenmengen ohne übermäßigen Zeitaufwand gegeben, so in der forstlichen Bodenkunde durch die einfachen Bestimmungsmethoden des Säuregrades, der Bodenfestigkeit und der Korngrößenverteilung, bei der Messung der Bestände durch die Verwertung der Trieblängenmessung usw. Dieser Aufschwung der Methoden hat dann zusammen mit dem Aufblühen des sachlichen Interesses für die Sonderverhältnisse der einzelnen Standorte nach dem Kriege eine überraschende Menge von solchen standörtlichen Untersuchungen und eine Fülle wertvoller Ergebnisse gebracht. Diese Arbeiten verteilen sich auf zahlreiche forstliche und naturwissenschaftliche Institute des In- und Auslandes. Besondere Verdienste hat sich dabei Finnland, Schweden und Dänemark erworben.

Ich hatte 1919 unter Leitung von Geheimrat Vater in Tharandt in dienstlichem Auftrag die standörtlichen Bedingungen gewisser „kranker" sächsischer Fichtenwaldungen untersucht. Die Ausdehnung dieses Auftrages auf ganz Sachsen zwang dann, neben den Unterschieden des Bodens auch die klimatische Sonderart der einzelnen sächsischen Waldgebiete und die Schwankungen des Klimacharakters in den letzten Jahrzehnten zu bearbeiten. Auf Grund der festgestellten Ursachen dieser Schäden untersuchte dann mein Institut in Tharandt mit Unterstützung der Notgemeinschaft die Frage, ob bestimmte anderwärts empfohlene waldbauliche Maßnahmen zur Behebung dieser sächsischen Schäden brauchbar seien. Diese Fragestellung ergab ohne weiteres die Prüfung der standörtlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebieten und die Untersuchung, ob und in welcher Weise der

örtlich festgestellte Erfolg von den einzelnen Standortseigenschaften abhängt. Vor allem wurde damals die Möglichkeit der natürlichen Verjüngung bei der Fichte, des künstlichen Voranbaues von Buche und Tanne in den reinen Fichtenbeständen, die Beziehungen zwischen der Bodenflora und der Wuchsleistung der Fichte, daneben auch die Ursachen des geheimnisvollen Tannensterbens und andere Fragen bearbeitet. Die Dauerwaldbewegung im norddeutschen Kiefernwald führte dann zu umfassenden örtlichen Untersuchungen in den bekanntesten Dauerwaldrevieren mit dem Ziele, die Übertragung dieser Maßnahmen in den sächsischen Kiefernwald zu prüfen und vorzubereiten.

Nachdem ich 1927 die Leitung der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt übernommen hatte, wurde der örtliche und sachliche Rahmen der standörtlichen Untersuchungen naturgemäß ausgedehnt. Vor allem mußten die wertvollen ertragskundlichen Ergebnisse der langfristigen preußischen Versuchsflächen nun in ihrer standörtlichen Begründung und Bedingtheit näher verfolgt werden, um viele Fragen, welche die bisherige Messung des Bestandes allein nicht hatte klären können, auf diese Weise zu lösen. Ebenso zwangen die besonderen waldbaulichen Schwierigkeiten in dem großen nordwestdeutschen Heideaufforstungsgebiet und auf den ärmsten ostdeutschen Kiefernböden zu Sonderuntersuchungen, um nach Möglichkeit dem praktischen Waldbau dieser Gegenden feste Grundlagen zu geben.

An diesen Arbeiten beteiligte sich natürlich neben der Preußischen Versuchsanstalt eine große Zahl selbständiger Forscher, welche sachliche Sonderfragen vollkommen selbständig bearbeiteten, so vor allem Professor Wittich, Mayer-Wegelin, Bartels, Köhn, Oberförster Hassenkamp und Hartmann, Baron von Kruedener. Außerdem wurden zahlreiche jüngere Forstleute mit Einzeluntersuchungen der verschiedensten Art beschäftigt, die den Rahmen der großen Arbeiten füllen und ergänzen sollten. In vielen Fällen war die Durchführung der Untersuchungen nur durch die tatkräftige Unterstützung der örtlichen Forstverwaltungsstellen möglich.

Im folgenden werden die rein ertragskundlichen Arbeiten, auch soweit sie von der Notgemeinschaft unterstützt worden sind (z. B. die Untersuchungen über den Einfluß der Durchforstung auf die Form des Einzelstammes), nicht besprochen, sondern nur die waldökologischen Arbeiten und zwar folgende Einzelfragen:

I. Die Beziehungen zwischen dem Standort bzw. der als Weiser des Standortes untersuchten Bodenflora und dem Wachstum von Fichte und Kiefer.
II. Die Bedeutung der Bodenbehandlung in früherer Zeit für das Wachstum der nachfolgenden Waldgenerationen.
III. Die Wechselwirkungen von Standort und Bestand bei den verschiedenen waldbaulichen Maßnahmen, Kahlschlag, Naturbesamung, Düngung, Durchforstung, unter Berücksichtigung der verschiedenen Wuchsgebiete.
IV. Die monographischen Untersuchungen einzelner Wuchsgebiete, die in Nordwestdeutschland, in kleinerem Umfang auch auf den ärmsten ostdeutschen Sandböden durchgeführt sind.
V. Einige Sonderfragen, vor allem die Ursachen des Tannensterbens und der Anbau ausländischer Holzarten.

In den von mir gefertigten Text sind die Untersuchungsergebnisse der mitarbeitenden selbständigen Forscher großenteils eingearbeitet. Einige Forscher haben selbständige Beiträge geliefert:

Professor Dr. Wittich, Eberswalde: Der Einfluß der Holzart auf den Humuszustand im nordwestdeutschen Heidegebiet. (S. 71.)

Professor Dr. Mayer-Wegelin, Hann.-Münden: Untersuchungen über natürliche und künstliche Astreinigung der Waldbäume. (S. 107.)

Baron von Kruedener, München: Zur Frage der mehrstöckigen Böden. (S. 116.)

Oberförster Privatdozent Dr. Hartmann, Harburg: Über den Einfluß des Grundwassers auf Waldböden und Waldtyp, insbesondere über Humusgleipodsole und ihre standörtliche Nachhaltigkeit. (S. 134.)

Bei der Darstellung ist möglichst auf Mitteilung des zahlenmäßigen Beweismateriales verzichtet und eine auch für den Fernerstehenden verständliche Form angestrebt worden. Die naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen Ergebnisse von allgemeinerem Interesse sind besonders hervorgehoben. Am Ende eines jeden Abschnittes ist eine kurze Zusammenfassung beigefügt. Die Literatur konnte nur zum kleinen Teil beigefügt werden. Dafür wurde ein Verzeichnis der größtenteils nicht veröffentlichten Einzelarbeiten beigefügt, auf welche die vorliegende Zusammenfassung aufbaut. — Soweit die Untersuchungen schon ausführlich veröffentlicht sind, findet sich sowohl das zahlenmäßige Unterlagenmaterial wie die einschlägige Literatur in diesen ausführlichen Veröffentlichungen.

B. Untersuchungen ohne örtliche Beschränkung.

I. Die Beziehungen zwischen Ertragsleistung und Standort.

a) Bei der Fichte.

Schon seit 1924 habe ich im Fichtengebiet des sächsischen Erzgebirges Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Wachstum der Fichte und der Zusammensetzung der Bodenflora begonnen und mit Unterstützung der Notgemeinschaft und des sächsischen Waldbesitzerverbandes bis in die letzten Jahre mit mehreren Hilfsarbeitern fortgeführt. Die Ergebnisse sind von Kötz 1929 (31) und von Merz 1931 (36) veröffentlicht worden. Ergänzende Arbeiten von Forstassessor Groß (15) und Kötz (32) aus dem Thüringerwald sind noch nicht veröffentlicht.

Die anfängliche einfache Fragestellung war, ob zwischen der Wuchsleistung der Fichte und der genau aufgenommenen Zusammensetzung der Bodenflora im alten Fichtenbestand so enge Beziehungen bestehen, daß die forstliche Praxis waldbauliche und ertragskundliche Schlüsse daraus ziehen kann. Später wurde die Arbeit ausgebaut, und vor allem auch die Veränderung der Bodenflora im Laufe des Bestandeslebens von der Kultur bis zum alten Holz, die Beeinflussung der Beziehungen durch das verschiedene Klima der einzelnen Höhenlagen und der Wachstumsgang der Bestände in seinen Einzelheiten näher verfolgt. Soweit mit den damals vorhandenen Mitteln möglich, wurden auch die Beziehungen der Bodenflora zu den Eigenschaften des Bodens nachgeprüft. Die Bearbeitung dieser letzten wichtigen Frage kam durch meine Versetzung nach Eberswalde nicht zum Abschluß.

Man ist heute noch vielfach der Ansicht, daß gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem Wachstum des Waldes und der Zusammensetzung der Bodenflora nur in urwüchsigen Gebieten bestehen könnten, deren Bestockung noch nicht wesentlich durch die menschliche Wirtschaft beeinflußt ist. Das Untersuchungsgebiet des sächsischen Erzgebirges ist aber schon seit 1500 durch die rasche Entwicklung des Bergbaues vollkommen verändert worden. Trotzdem ergaben sich sehr gute Beziehungen zwischen Fichtenwachstum und der Bodenflora im Altbestand.

Das Wachstum der Fichtenbestände (die „Bonität" berechnet nach der Bestandeshöhe in bestimmten Altern) nimmt hiernach ganz regelmäßig mit der Verbesserung der Bodenflora zu. Am schlechtesten

(V. Bonität) sind die Fichtenbestände auf den mit Heide und Flechten bedeckten Böden (Cetraria- und Calluna-Typ). Die Standorte mit anspruchsvollen Kräutern und Gräsern (Oxalis-Typen) tragen viel höhere und massenreichere Bestände, während diejenigen mit Vor-

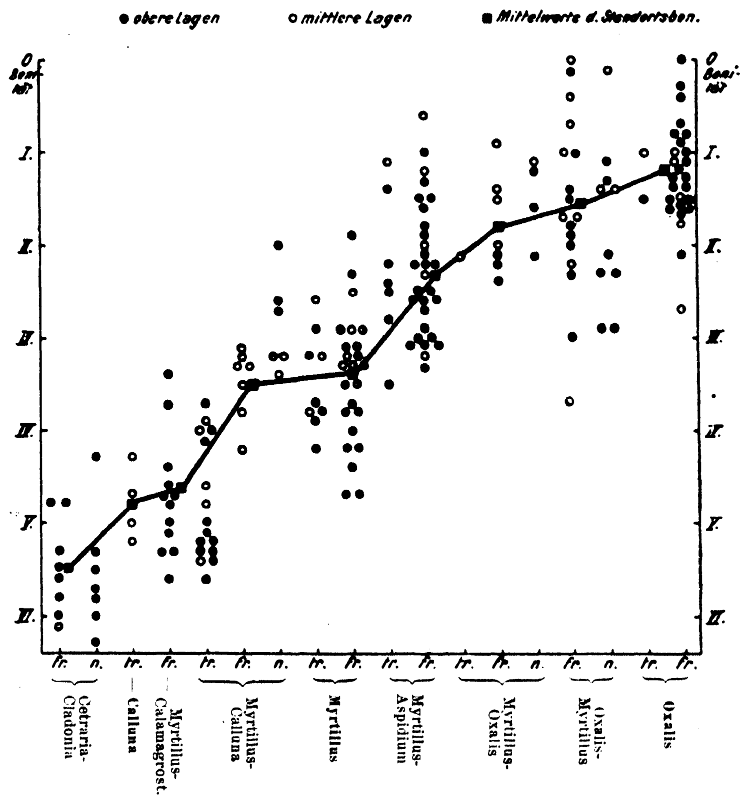


Abb. 1. Die Beziehungen zwischen der Wachstumsgüte (Höhenbonität) der älteren Fichtenbestände und dem Florentyp (Verein der Bodenpflanzen) in Sachsen. Die trocknen, frischen und nassen Formen jedes Types stehen in besonderer Spalte, die verschiedenen Höhenlagen sind durch Zeichen ausgedrückt.
tr. = trocken. fr. = frisch. n. = naß.

herrschen der Heidelbeere (Myrtillus-Typen) mittlere Bestände tragen. Die Streuung der Güte der einzelnen Bestände desselben Florentypes ist meist mäßig. Sehr auffällig ist nach der Abbildung 1 das bessere Wachstum der Fichten in den mittleren Lagen (gekennzeichnet durch

offene Kreise), im Vergleich zu denjenigen Beständen der obersten Gebirgslagen (schwarze Punkte), die etwa dieselbe Bodenflora tragen. In den tiefsten Lagen von Sachsen nimmt nach weiteren, hier nicht verarbeiteten Messungen die Güte der alten Fichtenbestände bei gleicher Flora meist wieder ab.

Frühere eigene Arbeiten (52) hatten gezeigt, daß die mittleren Jahreswerte von Temperatur und Niederschlag die klimatischen Unterschiede der verschiedenen Höhenlagen von Sachsen nicht genügend kennzeichnen, sondern daß auch die Extreme, vor allem die Zahl der trockenen Sommermonate in besonders ungünstigen Jahren, mit herangezogen werden müssen, um einen Weiser für das Fichtenwachstum zu geben. Während nämlich die jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge in Sachsen beim Herabsteigen vom Erzgebirge (über 600 m Meereshöhe) bis in die Tieflagen bei Leipzig (unter 200 m Meereshöhe) nur von 950 auf 640 mm, also um 33% abnimmt, beträgt die Zahl der trockenen Sommermonate mit weniger als 40 mm Niederschlag in den Tieflagen mehr als das 3fache der Hochlagen (im Jahrzehnt 1911/1920 etwa 16 gegen 5). Da nun die feuchtigkeitsliebende Fichte auf vielen ungünstigen Böden eine einmalige übermäßige Dürre mit mehrjährigen starken Stockungen des Wachstums beantwortet, so muß trotz des verhältnismäßig geringen Unterschiedes der durchschnittlichen jährlichen Niederschläge zwischen diesen Wuchsgebieten die Häufung der Trockenmonate in den Tieflagen den Wachstumsgang grundsätzlich ändern.

Zur Prüfung ließ ich das Höhenwachstum und Dickenwachstum während des ganzen Lebens an über 200 Fichten der verschiedenen Wuchsgebiete durch genaue Messungen an Querschnitten verfolgen (36). Dabei wurde vor allem auf die Wirkung der bekannten Trockenjahre von 1892 und 1911 geachtet. In der Tat zeigten sich sehr charakteristische Unterschiede: Während in den höchsten Lagen nur 25% aller untersuchten Stämme durch diese Trockenjahre schwer geschädigt wurden, sind es in den tiefsten Lagen über 90%, die mittleren Lagen nähern sich im Maße der Dürreschäden den Hochlagen. Besonders charakteristisch zeigt diese Wachstumsunterschiede die graphische Auftragung des Höhenwachstums von 3 durchschnittlichen Stämmen, die mit 70 Jahren alle die gleiche Höhe von 23 m erreichten (64).

In den höchsten Lagen (Tannenhaus, 800 m) hält anfangs der Spätfrost und die übermäßige Vernassung die Fichte zurück; nach Überwindung dieser Jugendgefahren wächst sie sehr gleichmäßig und

ungestört (abgesehen von Eisbruchschäden) bis ins hohe Alter weiter. In den tiefsten Lagen (Hubertusburg, 200 m) ermöglicht auf frischen guten Böden zwar anfangs die viel größere Wärme eine sehr erhebliche Assimilation und dementsprechend ein vorzügliches Wachstum, während später, wenn im Stangenholzalter die Wasseransprüche des Bestandes ein Höchstmaß erreichen, einzelne besonders trockene Sommer zu lange

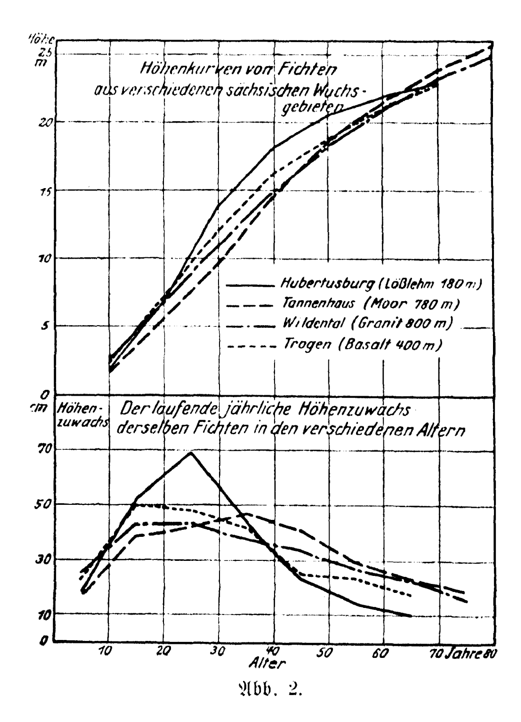


Abb. 2.

dauernden Wachstumsstockungen führen müssen. Die mittleren Lagen (Trogen, 400 m) stehen dank des Fehlens beider Extreme im Wachstumsgang zwischen diesen beiden Extremen. Während mit 65 Jahren alle 3 Bestände dieselbe Höhe und Wachstumsbonität haben, beträgt der laufende jährliche Höhenzuwachs in diesem Alter in den Hochlagen 30 cm, in den mittleren Lagen 17 cm, in den Tieflagen aber 12 cm. Die bis zum 70. Jahr erreichte Höhe ist also durchaus kein Weiser für den gegenwärtigen Zuwachs an Höhe und Masse. Diese Ergebnisse bestätigten sich auch bei den Kontrollmessungen im Thüringerwald (15).

Sie haben neben dem interessanten Einblick in das Zusammenspiel der verschiedenen Wachstumsfaktoren auch eine große praktische Bedeutung. Denn sie zeigen, daß die „Normalertragstafeln", welche allgemein gültige Beziehungen zwischen der Höhe in einem bestimmten Alter und der Wachstumsleistung an Höhe und vor allem an Masse für das ganze Gebiet der Fichte geben wollen, an vielen Orten ohne örtliche Prüfung grundsätzlich falsche Bilder von dem Zuwachs der Bestände in den einzelnen Altersstufen und damit auch falsche Schlußfolgerungen für die praktische Wirtschaft bringen müssen.

Die Bodenflora wird natürlich durch einzelne Trockenjahre meist nur vorübergehend geschädigt und gibt infolgedessen gerade in den tieferen Lagen ein besseres Bild von der tatsächlichen Fruchtbarkeit des Bodens, weil sie viel weniger als das Fichtenwachstum durch diese klimatischen Schäden beeinflußt ist. Hieraus erklärt sich dann die Erscheinung, daß in den Gebieten mit verschiedenem Klima den Standorten mit gleicher Bodenflora eine verschiedene Bonität der Fichte entspricht, wie in Abbildung 1 gezeigt wurde.

In der Ertragskunde wird die Frage viel umstritten, warum gerade auf guten Standorten der Massenzuwachs im höheren Alter ganz auffallend abnimmt. Die Vermutung, daß es sich um den Einfluß ungenügender Kronenausbildung durch dichten Schluß handeln könnte, kann nicht richtig sein, weil auch die sehr stark durchforsteten Bestände trotz planmäßiger Kronenpflege einen ähnlichen Abfall zeigen. Auch für diese Erscheinung brachten die zahlreichen während des ganzen Lebens durchgeführten Höhenzuwachsmessungen (36) auf Böden verschiedener Güte eine einleuchtende Erklärung. In der folgenden Abbildung sind nur klimatisch einheitliche Bestände verglichen (s. Abb. 3).

Hiernach ist der Höhenzuwachs auf guten Standorten anfangs 2- bis 3mal so hoch wie auf den geringen Standorten. Etwa vom 50. Jahre an aber sinkt er auf den guten Böden viel rascher als auf den geringen, so daß mit 80 Jahren die anfänglichen Unterschiede des laufenden Zuwachses fast ausgeglichen sind. Aus diesem Sinken des Höhenzuwachses erklärt sich natürlich gerade für die guten Standorte auch das Sinken des Massenzuwachses, da dieser vom Höhenzuwachs abhängt. Physiologisch erklärt sich diese Erscheinung wohl daraus, daß die guten Bestände infolge des guten Jugendwachstums mit 60 Jahren eine viel größere Bestandeshöhe haben und daher das Wasser im

Baum viel höher heben müssen als auf den geringen Böden, wodurch Wasserversorgungsschwierigkeiten der obersten Kronenteile in diesen höheren Beständen ohne weiteres wahrscheinlich sind.

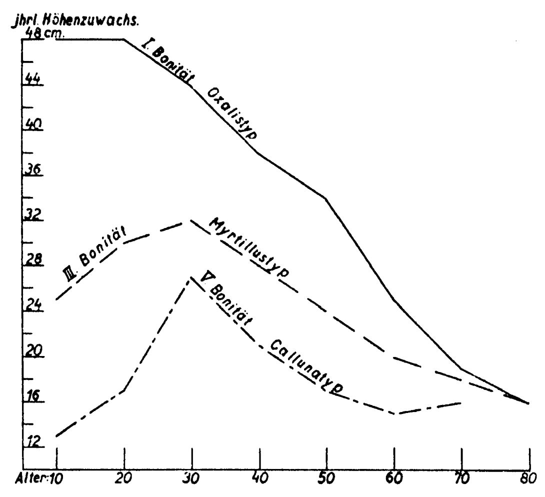


Abb. 3. Der laufend jährliche Höhenzuwachs der Fichte in den verschiedenen Altersstufen bei den verschiedenen Bonitäten bzw. Waldtypen des mittleren Erzgebirges.

Zur Prüfung der Beziehungen, die zwischen dem Bestandeswachstum bzw. der Bodenflora und dem Boden selbst bestehen, wurden 1925 etwa 600 Säuremessungen ausgeführt (62), vorwiegend in der Humusdecke und in den obersten Schichten des Bodens. Bekanntlich hat man während der „Bodensäuremode" der letzten Jahre diese auch im Wald als den entscheidenden Faktor für die Beurteilung der Fruchtbarkeit angesehen. Diese Ansicht ist schon von anderen widerlegt worden. Nach unseren Untersuchungen stehen im Erzgebirge zwar auf schwach sauren Böden fast ausschließlich gute Fichtenbestände und anspruchsvolle Bodenpflanzen, aber auch auf sehr sauren Böden kommen sehr häufig ebenso gute Fichtenbestände und Bodenpflanzen vor. Die Schwankungen des Säuregrades zwischen den einzelnen Standorten mit gleicher Fruchtbarkeit sind wesentlich größer als die Unterschiede zwischen den mittleren Säuregraden der einzelnen Standortsgüten. Nach diesen zahlreichen Messungen können nur ganz wenige Pflanzen

des Waldbodens als Weiser für einen bestimmten Säurezustand dienen, da ihr Vorkommen viel stärker durch andere Eigenschaften des Bodens beeinflußt wird. Bezeichnend ist z. B., daß sehr häufig auf besseren Moorböden Torfmoos (Sphagnum), das als Charakterpflanze des sehr sauren Bodens gilt, und Sauerklee, der als Vertreter der schwach sauren Böden angesehen wird, in innigster Mischung miteinander auftreten. Die Klärung der Frage, für welche Bodeneigenschaften die einzelnen Bodenpflanzen und Pflanzenvereine als Weiser dienen können, ist eine praktisch wichtige Aufgabe der Zukunft.

Auch zwischen der Ausbleichung des Bodens und der Güte der Fichtenbestände ergab sich auf diesen Gebirgsböden kein klarer Zusammenhang, ebensowenig zwischen der Stärke der Humusdecke und dem Wachstum. Gerade sehr mächtige Moorschichten tragen sogar oft, soweit es sich nicht um echte Hochmoore handelt, bei entsprechender Behandlung besonders gute Fichtenbestände und Bodenpflanzen (36).

b) Bei der Kiefer.

Bis vor wenigen Jahren wurde gerade bei der Kiefer bald die eine, bald die andere Eigenschaft des Bodens als allein entscheidend für das Kiefernwachstum angesehen, zuerst der Nährstoffgehalt (Schütze), später der Feinsandgehalt (Albert), der Säuregrad usw. Erst Hartmann hat in einer von der Notgemeinschaft unterstützten Arbeit (19) für ein Teilgebiet der nördlichen Mark gezeigt, daß viele Standortseigenschaften sich in ihrem Einfluß auf das Kiefernwachstum gegenseitig ersetzen können, so daß jede einfache Schablone für eine Standortsbewertung unmöglich ist. Besonders verwickelt sind diese Verhältnisse dadurch, daß im Gegensatz zu den Gebirgsböden, die meist durch gesetzmäßige Verwitterung aus einem einheitlichen Gestein entstanden sind, die Diluvialböden der norddeutschen Tiefebene ganz willkürlich durch Eis, Wasser oder Wind übereinandergeschichtet worden sind, so daß mit Ausnahme einzelner Bodenarten (z. B. viele Talsande) kein Schluß von dem Charakter der oberen Bodenschichten auf die darunterliegenden Schichten möglich ist.

Zur Prüfung und Erweiterung dieser Arbeiten von Hartmann wurden nun in etwa 80 Kiefernversuchsflächen der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt, die über ganz Ostdeutschland von Ostpreußen bis zur Provinz Sachsen und von Schleswig bis Oberschlesien verteilt liegen, eingehende

Bodenuntersuchungen angestellt. Mein Assistent Dr. Ganßen untersuchte vor allem das Bodenprofil bis 4 m Tiefe, den Kalkgehalt, den Auswaschungsgrad, die Korngrößenverteilung und den Säuregrad in den verschiedenen Schichten, während die Bodenflora und der Zuwachsgang der Bestände schon vorher genau aufgenommen waren (10).

Zwischen den einzelnen, unmittelbar meßbaren Eigenschaften, Nährstoffgehalt, Feinsandgehalt usw. und dem Wachstum der Kiefernbestände besteht ein Zusammenhang nur insofern, als im allgemeinen ein besonderer Reichtum an einer dieser Eigenschaften auch zu besonderem guten Wachstum der Kiefer führt. Dagegen tragen zahlreiche Flächen, die an einer dieser Eigenschaften starken Mangel leiden, trotzdem sehr gute Kiefernbestände. Augenscheinlich ist ein Ersatz der einzelnen Eigenschaften untereinander in weitestem Maße möglich, so daß z. B. auf kalkreichen Kiesen ohne Feinsand und auf sehr feinsandigen Böden ohne Kalk sich gleich gute Bestände finden. Die gefundenen Werte der einzelnen Flächen wurden statistisch bearbeitet. Als Beispiel gibt Abbildung 4 die Beziehung zwischen dem Wachstum der Kiefer und derjenigen Bodentiefe, bis zu welcher in den einzelnen Flächen der Boden entkalkt ist.

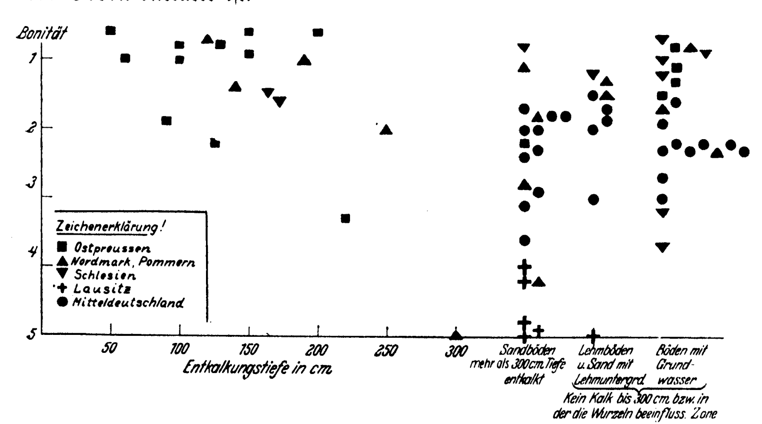


Abb. 4. Die Beziehungen des Kiefernwachstums (Höhenbonität) zu der Entkalkungstiefe des Bodens.
Die Tiefe der Entkalkung ist durch Betupfen der einzelnen Bodenschichten mit Salzsäure festgestellt. Die verschiedenen Wuchsgebiete sind durch Zeichen hervorgehoben.

Hiernach besitzen alle untersuchten Bestände, die in weniger als 2 m Tiefe erheblichen Kalkgehalt haben, eine gute oder sehr gute Bonität.

Aber auch fast alle diejenigen Bestände ohne nennenswerten Kalkgehalt der Oberschicht, die in erreichbarer Tiefe (unter 3 m) Lehm oder Grundwasser führen, sind ebenso gut, und ebenso hat etwa die Hälfte der Bestände auf sehr tiefgründigen reinen Sandböden ohne nennenswerten Kalk in irgendeiner Schicht die gleiche Standortsgüte, vor allem wenn hoher Feinsandgehalt und hoher Humusgehalt oder andere Eigenschaften einen Ausgleich für den Kalkmangel schaffen. Ähnliche Ergebnisse brachte auch die statistische Bearbeitung der übrigen Bodeneigenschaften.

Viel eindeutiger als diese einzelnen Eigenschaften des Bodens können solche Bodenmerkmale für die Ansprechung der Standortsgüte verwertet werden, die bereits einen ganzen Komplex von einzelnen Eigenschaften spiegeln, so das Maß der Auswaschung und vor allem die Bodenflora, weil diese natürlich sowohl von dem Kalkgehalt wie von der Feuchtigkeit, Korngrößenverteilung usw. des Bodens beeinflußt werden. Als Beispiel gebe ich die Zusammenhänge zwischen dem Kiefernwachstum und der Bodenflora in den Versuchsflächen.

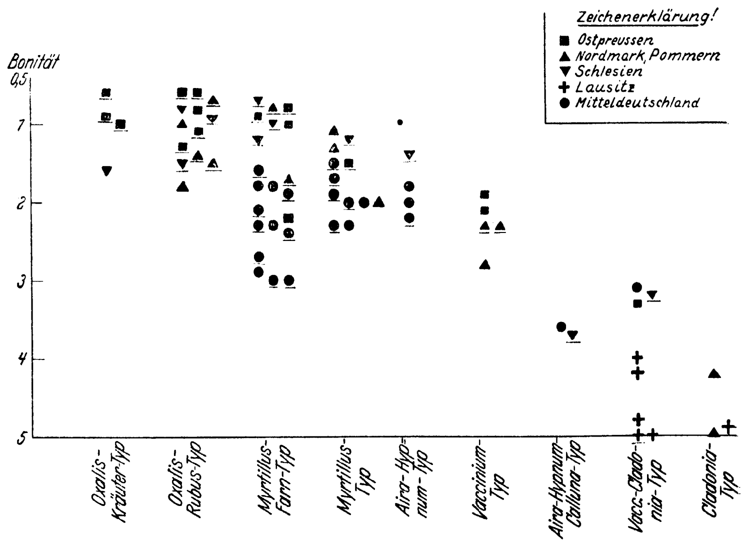


Abb. 5. Die Beziehungen des Kiefernwachstums (Höhenbonität) zu den Waldtypen (Vereine der Bodenpflanzen).
Zeichenerklärung wie Abb. 4. Standorte mit flachanstehendem Grundwasser sind unterstrichen.

Die Bonität der Kiefernbestände steigt sehr deutlich von den mit Flechten oder Heide bedeckten Böden des Cladonia-Types (V. Kiefernbonität) über die Böden mit Beerkräutern oder anspruchslosen Moosen (Myrtillus-Typ, II.—III. Bonität) bis zu den mit anspruchsvollen Kräutern und Süßgräsern überzogenen besten Böden des „Oxalis-Types".

Diese gute Übereinstimmung zwischen Bodenflora und Kiefernwachstum erschien bei der großen Wurzeltiefe der Kiefer und dem unregelmäßigen Aufbau dieser geschichteten Böden überraschend. Nach zahlreichen Wurzelgrabungen (6, 10, 22, 24, 55) bleibt aber auf vielen Standorten auch die Kiefernwurzel sehr oberflächlich und damit etwa auf den gleichen Wurzelraum beschränkt wie die Bodenpflanzen, und zwar vor allem dann, wenn unter der obersten Bodenschicht sehr grobkörnige oder verfestigte „Isolierschichten" lagern. Hier ist dann die Übereinstimmung von Flora und Kiefernwachstum ohne weiteres verständlich. Andererseits dringen viele Bodenpflanzen (31), vor allem Gräser, in tiefgründige Böden wesentlich tiefer ein als meist vermutet und können dann fast ebenso gut wie die Kiefer die unterlagerten Schichten ausnützen. Endlich wird auf oberflächlich armen Böden mit nährstoffreichem Untergrund auch die Humusdecke durch die herabfallenden nährstoffreichen Nadeln günstiger gestaltet, sobald die Kiefernwurzel den reichen Untergrund erreicht hat. Die flachwurzelnden Bodenpflanzen (Moose usw.) können dann mittelbar ebenfalls von dem Reichtum des Untergrundes Gewinn ziehen. Diese Tatsachen machen dann auch auf diesen tiefgründigen Böden die Übereinstimmung von Kiefernwachstum und Bodenflora verständlich.

Neben diesen ursprünglich vorhandenen Bodeneigenschaften traten bei der Untersuchung der Standortsfragen noch 2 Faktoren von allgemeiner pflanzengeographischer Bedeutung hervor, nämlich das geologische Alter und der gesamte Klimacharakter der betreffenden Gegend. In Abb. 4 und 5 (s. oben) sind diejenigen Flächen, deren Boden aus der jüngeren Eiszeit stammt (Ostpreußen, Pommern, nördliche Mark), durch Vierecke und aufrecht stehende Dreiecke bezeichnet, die Flächen mit Böden aus älteren Eiszeiten (Mitteldeutschland, Lausitz, Schlesien) durch Kreise, Kreuze und auf der Spitze stehende Dreiecke. Nach diesen Abbildungen tragen von den der gleichen geologischen Bildung angehörenden Böden (z. B. Sandersande, Hochflächensande usw.) diejenigen, welche in den älteren Eiszeiten entstanden sind, fast durchwegs schlechtere Bestände als die der jüngeren Eiszeit. Die Ursache liegt sicher in

der viel kürzeren Zeit der Auswaschung, die seit dem Rückgang der Gletscher verflossen ist, wodurch den jüngeren Böden viel größere Teile der ursprünglich vorhandenen Nährstoffe erhalten geblieben sind. Eine Ausnahme bilden viele Talsande, weil sie nach der ersten Ablagerung nochmals lange Zeit von den Urströmen bewegt und durchspült worden sind.

Wie stark auch bei gleichem geologischen Alter und gleicher ursprünglicher Zusammensetzung des Bodens das besondere Klima der einzelnen Gegend die Verwitterung und Auswaschung und damit die Standortsgröße beeinflussen kann, zeigte der Vergleich von Talsanden der ältesten Eiszeit, die teils in der meeresnahen Lüneburger Heide, teils in der kontinentalen Lausitz untersucht wurden. Als weiterer Vergleich wurden Proben von ähnlichen Sandböden aus einer viel jüngeren Vereisung in Ostpreußen beigefügt (10).

Tabelle 1.

Die Unterschiede ursprünglich gleichartiger Sandersande unter dem Einflusse verschiedenen Klimas und verschiedener Verwitterungsdauer.

Geologische Bezeichnung	Klimacharakter und geol. Alter der Ablagerung	Oberförsterei und Jagen	Mineralboden 0—20 cm Tiefe			Auflagehumus	
			Austausch-azidität ccm	Wert pH	Humus %	Austausch-azidität ccm	Wert pH
Sanderfläche einer älteren Vereisung Lüneburger Heide	humid alt-diluvial	Örrel Jag. 184	26,2	3,7	7,2	48	3,6
		Örrel Jag. 198	33,8	3,2	7,8	84	3,0
Sanderfläche einer älteren Vereisung Lausitz	arid alt-diluvial	Peitz Jag. 240	11,0	3,0	2,2	74	3,0
		Eichow Jag. 29	4,8	2,8	1,4	46	3,1
Sanderfläche einer jungen Vereisung Ostpreußen	arid jung-diluvial	Guszianka Jag. 56	1,0	5,2	2,9	fast kein Auflage-humus	—
		Kruttinnen Jag. 156	5,0	4,5	2,3		—

Die Zahlen ergeben ohne weiteres die viel stärkere Humusauflagerung sowie die stärkere Versäuerung und Auswaschung der nordwestdeutschen Sande als Folge des feuchten Klimas.

Ergebnis: Diese im ostdeutschen Kieferngebiet durchgeführten Untersuchungen gaben Einblicke in die Rolle, welche die einzelnen Standortseigenschaften für das Gedeihen der Kiefern haben, und in das äußerst verwickelte Zusammenwirken der einzelnen Eigenschaften. Für die Praxis ist es besonders angenehm, daß gerade solche Bodeneigenschaften, die auch der Praktiker ohne umständliche Laboratoriumsuntersuchungen feststellen kann, die besten Weiser für die Beurteilung des voraussichtlichen Gedeihens der Kiefer sind, nämlich außer der allgemeinen geologischen und klimatischen Lage die Bodenflora und das Bodenprofil.

Das weitere Ziel der Arbeiten ist zunächst die Vermehrung der Unterlagen, um den durch die bisherigen Arbeiten geschaffenen Rahmen zu sichern und zu verfeinern. Außerdem muß planmäßig in den wichtigsten Kieferngebieten Preußens das Bodenprofil bis wenigstens 4 m Tiefe in seiner Beziehung zum Gedeihen der Kiefer in großen Zügen untersucht werden. Diese monographische Bearbeitung ist bereits in mehreren Gebieten eingeleitet (s. Abschnitt C).

II. Der Einfluß der früheren Behandlung des Bodens.

Zu diesen Einflüssen der ursprünglichen Standortseigenschaften tritt der Einfluß der früheren Behandlung des Bodens auf die heutige Standortsgüte. Bekanntlich ist es der Landwirtschaft gelungen, an vielen Stellen durch Dränage, Bewässerung, Kalkung, Übersandung von Mooren usw. die Fruchtbarkeit entscheidend zu erhöhen und diesen neuen günstigen Bodenzustand durch regelmäßige Pflege dauernd zu erhalten. Andererseits beweisen die „absoluten Waldböden“, die sich nicht nur in den bearbeitungsunfähigen Gebirgshängen, sondern auch auf den trockensten Sandböden des Ostens in großem Umfang finden, daß diese Meliorationsfähigkeit eine Grenze hat.

Im Wald ist eine Investierung von so großen Mitteln unmöglich, außerdem kann eine gründliche Bodenbearbeitung meist nur nach Abtrieb des Bestandes, also etwa in 100jährigen Zwischenräumen stattfinden. Daher entsteht die Frage, ob irgendwelche einmaligen menschlichen Maßnahmen sich eine ganze Waldgeneration von etwa 100 Jahren hindurch so stark auswirken, daß sie

die Ertragsfähigkeit auf lange Zeit hin erhöhen bzw. erniedrigen, oder ob es sich in der Regel nur um kurzfristige Veränderungen des natürlichen Bodenzustandes handelt. Die beste Grundlage zur Klärung dieser Frage bieten Vergleiche von aufgeforsteten Äckern oder Ödländereien mit danebenliegenden standortsgleichen Flächen, die dauernd Wald getragen haben, da hier besonders eindeutige Unterschiede der Vorbehandlung vorliegen. Diese Frage versprach für die Beurteilung, ob im Wald kostspielige Meliorationen bei Betrachtung auf lange Sicht wirtschaftlich zulässig sind, wertvollste Beiträge. Daher wurde sie eingehend bearbeitet. Auch hier müssen die verschiedenen Holzarten und Standorte getrennt betrachtet werden.

Die Bodenkunde vertritt heute fast allgemein den Standpunkt, daß aufgeforstete Feld- oder Ödlandflächen infolge des „unvermeidlichen" „Ackersterbens" sowohl bei Fichte wie bei Kiefer kleinere Erträge als standortsgleiche Waldböden bringen. Demgegenüber zeigen die Statistiken der Forsteinrichtung und viele Versuchsflächen der Versuchsanstalten, daß auf nachweislich früherem Feldboden sich viele Nadelholzbestände bis ins hohe Alter sehr wüchsig und geschlossen erhalten haben.

a) Bei der Fichte.

In meinem Auftrage untersuchte von der Wense (51) das Wachstum der Fichte auf aufgeforsteten Feldböden und danebenliegenden alten Waldböden auf verschiedenen sächsischen Standorten. Die Ergebnisse der auf dem gleichen Standort liegenden Vergleiche waren sehr einheitlich, dagegen auf den verschiedenen Standorten grundsätzlich abweichend. Das beste Bild geben die Unterschiede des Höhenwachstums.

Im vogtländischen Schiefergebiet wächst die Fichte auf den alten Waldböden, die lange Zeit unter bäuerlicher Mißwirtschaft (Streunutzung usw.) gelitten haben, außerordentlich schlecht. Die aufgeforsteten Feldflächen aber haben meist die doppelte Höhe und Massenleistung, und auch die zweite Generation Fichte auf altem Feldboden behält diese Wachstumsüberlegenheit unverändert bei. Die Nachwirkung der Beackerung dauert also über 70 Jahre.

Auch das gefürchtete Ackersterben tritt auf diesen Böden nur in ganz unbedeutendem Maße auf. Umgekehrt hat auf den kalkarmen und steinfreien Lößlehmböden des sächsischen Tieflandes die langjährige Bewirtschaftung als Acker zu schweren Rotfäuleschäden im

nachfolgenden Fichtenbestand geführt und keine Steigerung des Wachstums gebracht. Auf den steinigen frischen Gneisböden des Erzgebirges endlich sind vielfach keine auffälligen Unterschiede von Wald- und Feldböden erkennbar.

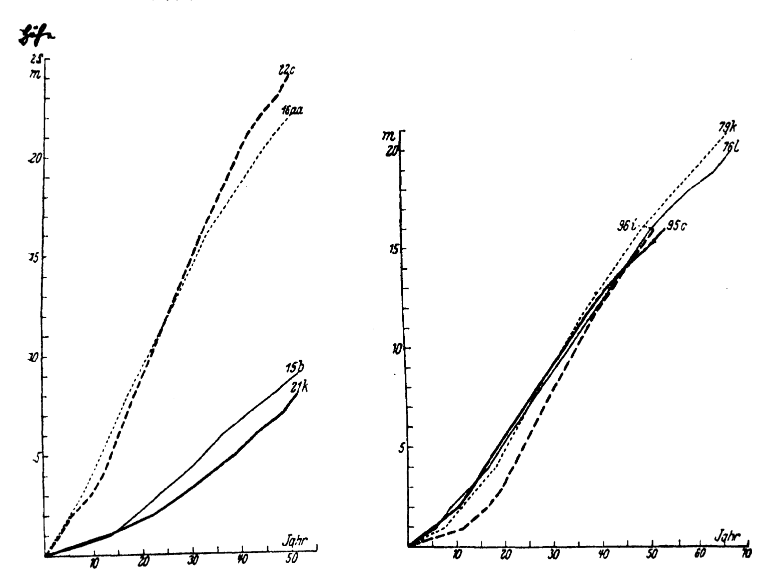


Abb. 6a. 2 Vergleiche auf verdichtetem Schieferboden des Vogtlandes. Große Wachstumsunterschiede von altem Feld- und Waldboden.

Abb. 6b. 2 Vergleiche auf fruchtbarem Gneis des Erzgebirges. Keine Wachstumsunterschiede von altem Feld und Waldboden.

Abb. 6. Das Höhenwachstum der Fichte auf altem Waldboden und aufgeforstetem Feldboden. Die zu einem Vergleich gehörigen Einzelflächen liegen dicht nebeneinander auf gleichem Standort.

Die durchgezogenen Linien bedeuten Fichtenbestände auf altem Waldboden. Die gestrichelten und punktierten Linien bedeuten Fichtenbestände auf aufgeforstetem Acker.

Die Ursachen dieser grundsätzlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebieten konnten wenigstens einigermaßen geklärt werden. In den Lehmböden des Tieflandes, die durch das Zusammenkommen von Kalkarmut und Feinkörnigkeit sehr zur Verdichtung neigen, sind die oberen Schichten des Feldbodens, denen die Bearbeitung ihr ursprüngliches „Gefüge" genommen hatte, später so zusammengesackt, daß Messungen mit der Bodensonde eine viel größere Festigkeit

(bis zur doppelten Höhe) als in den benachbarten alten Waldböden ergaben. Hierdurch steigt naturgemäß die Gefahr von vorübergehender Vernassung und damit von Wurzelerkrankungen außerordentlich. Im vogtländischen Schiefergebiet zeigt schon die Bodenflora, die auf den herabgewirtschafteten Waldböden aus Flechten und Heide, auf den alten Feldböden aber aus anspruchsvollen Gräsern und Kräutern besteht, ohne weiteres den viel besseren *Zersetzungszustand des Humus auf den alten Feldböden*, der sich dann in der besseren Ernährung der Waldbäume äußert, vor allem da der erhebliche Steingehalt eine Verdichtung dieser Bodenarten so sehr verhindert, daß hier die Fichte im alten Feldboden sogar tiefer wurzelt als im alten Waldboden. Auf vielen guten Erzgebirgsböden endlich sind augenscheinlich dank der großen Bodenfrische, des Reichstums an Steinen und an Humus die ursprünglichen Bodeneigenschaften auch durch langjährige Beackerung nicht grundsätzlich verändert worden.

Hiernach ist *die Veränderlichkeit des Bodens unter dem Einfluß der Ackerwirtschaft auf den verschiedenen Standorten grundsätzlich verschieden*, und zwar verlaufen auch bei den „veränderlichen" Böden die *Veränderungen je nach der ursprünglichen Zusammensetzung* der Bodeneigenschaften *in ganz verschiedener Richtung*. Sie können dadurch bald günstig, bald ungünstig für die Waldbäume sein, während auf den „nicht veränderlichen Böden" auch durch so starke Eingriffe die Standortsgüte nicht dauernd verändert wird.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich wertvolle Schlußfolgerungen für den Waldbau, vor allem für die Art der Bodenbearbeitung ziehen, um so die ursprünglichen einfachen Regeln der Bodenbearbeitung besser an die besonderen Standortseigenschaften anzupassen. Auf „unveränderlichen Böden" ist eine kostspielige Bodenbearbeitung zwecklos, soweit sie nicht besondere Jugendgefahren für die Fichte beseitigt. Auf vielen veränderlichen Schiefer- und Granitböden zeigen schon die früheren Pflanzgärten (53), die nur etwa 6 Jahre gründlich bearbeitet, gedüngt und mit Humus angereichert sind, ganz ähnliche dauernde Wachstumssteigerungen vor der Umgebung wie die alten Feldböden und beweisen, daß selbst eine kurzfristige feldartige Behandlung durchschlagende Erfolge bringen kann.

Früher hat man auf solchen Böden mit teilweise gutem Erfolg einen kurzfristigen Ackerzwischenbau getrieben. Heute ist gerade auf diesen Böden in der Dauerlupine (57) ein Mittel gefunden worden,

um ohne Unterbrechung der Waldwirtschaft zwischen den jungen Waldbäumen etwa 10 Jahre lang die Lupine zu ziehen und durch diese einen feldartigen Zustand der obersten Bodenschichten herzustellen. Die Entsäuerung des Bodens und die außerordentliche Verbesserung des Humuszustandes hat auch hier nachweislich das Wachstum der Fichte wenigstens auf 20 Jahre hinaus auf das Zwei- bis Vierfache der Umgebung gesteigert. Gerade diese gelungenen Versuche mit der Dauerlupine geben einen Wink, wie das Ergebnis dieser Untersuchungen über die aufgeforsteten Ackerböden ohne übermäßige Kosten für die Waldwirtschaft nutzbar gemacht werden kann (s. Abschnitt „Düngung").

Entsprechende Untersuchungen von Weck (49) über den Einfluß langjähriger Freilage als Ödland auf das Wachstum der Fichte brachten ein ganz entsprechendes Ergebnis. Gerade in der letzten Zeit hatte sich unter dem Einfluß des Dauerwaldgedankens die Ansicht festgesetzt, daß selbst eine kurzfristige Entblößung des Bodens durch Kahlschlag die Fruchtbarkeit auf lange Zeit schädigen müsse. Diese Ansicht ist durch zahlreiche Arbeiten der letzten Jahre, über die in Abschnitt B III 1 berichtet wird, widerlegt worden.

Nach der Arbeit von Weck hat *selbst eine Jahrhunderte dauernde Entblößung des Bodens durchaus nicht immer ein schlechteres Gedeihen der später angebauten Fichtenbestände zur Folge.* Vielmehr sind auf normalen Mineralböden und ebenso auf anmoorigen Böden des Erzgebirges, die vor der Aufforstung einen völlig verwahrlosten Eindruck machten, und selbst auf vielen echten Mooren wesentlich bessere Wachstumsleistungen erzielt worden als auf den benachbarten stets mit Wald bestockten Böden. Die einzige Ausnahme bei diesen Untersuchungen bildeten Moorböden mit stagnierender Nässe, die eine lange Freilage augenscheinlich nicht vertragen. An anderen Stellen des Fichtengebietes sind auch auf Kalkböden an Südhängen und auf anderen trockenen Standorten schwere Verhagerungserscheinungen mit starken Rückgängen des Fichtenwachstums festgestellt worden. Besonders wertvoll ist das Ergebnis von Weck, daß auch solche Moorböden, in denen die Fichtenwurzel den Mineralboden nicht erreichen kann, doch bei entsprechender Entwässerung sehr gute Fichtenbestände tragen können. Die Stärke der Moorschicht ist also nicht entscheidend, wenn es sich nicht um echte Hochmoorböden handelt. Auch für aufgeforstete Wiesen des Niederlandes hat Weck ein auffallend gutes Wachstum der ersten Fichtengeneration nachgewiesen.

b) Bei der Kiefer.

Ganz ähnliche Unterschiede des Erfolges zeigten auch entsprechende Untersuchungen im norddeutschen Kieferngebiet. Auch hier hat sich zwar in vielen Gebieten, vor allem auf armen Sandböden und auf Böden mit Lehmuntergrund das viel besprochene vernichtende Absterben der Kiefer auf früheren Acker oder Ödland in vollem Umfang bestätigt. Daneben finden sich aber auch auf großen Flächen bis über 100jährige wüchsige und voll geschlossene Kiefernbestände auf aufgeforstetem Acker oder Ödland. Eingehende Untersuchungen brachten auch hier eine gewisse Klärung, wenn die außerordentlich schwierigen Fragen auch noch nicht voll gelöst sind.

In dem jetzigen großen geschlossenen Waldgebiet bei Dessau wurden zahlreiche Vergleichsreihen gefunden (24), in denen auf demselben Boden gleichzeitig angebaute Kiefernbestände auf altem Waldboden und aufgeforstetem Acker- bzw. Heideboden nebeneinander liegen. Äußerlich ist heute kein Unterschied zwischen diesen über 60jährigen Beständen erkennbar, und auch nach den Bestandesmessungen ist die Entwicklung der Aufforstungskiefer dieselbe gewesen wie auf den benachbarten alten Waldböden. Für dies ganze Gebiet ist äußerst charakteristisch eine etwa 50 cm mächtige Decke von sehr humushaltigem feinem Sand über einem grobsandigen Untergrund. Messungen der Bodenfestigkeit in den verschiedenen Schichten beweisen, daß eine verfestigte Pflugsohle, welche vielfach als Ursache des Ackersterbens angesehen wird, sich hier nicht gebildet hat. Dementsprechend ist auch die Wurzelbildung auf früherem Feld- und Waldboden gleich, nämlich ein weit verzweigtes Wurzelnetz in der mächtigen humushaltigen Deckschicht und eine gut ausgebildete Pfahlwurzel, die fast in allen Flächen (ohne Unterschied der früheren Behandlung) etwa in $1^1/_2$ m Tiefe auf verdichtetem Grobsand aufsitzt. Auch mehrere andere Gebiete mit gutwüchsigen Ackerkiefern zeigten ähnliche Schichtung des Bodens.

Die Untersuchungen in den Gebieten mit gefährlichem Auftreten des „Ackersterbens" sind noch nicht so weit fortgeschritten, sondern beschränken sich auf Einzelfälle. Vielfach fehlt hier die mächtige Feinsanddecke, und der grobe trockene Sand reicht bis an die Oberfläche und ist nur in einer ganz schmalen Zone durch den früheren Ackerbau etwas mit Humus angereichert. Durch den schroffen Unterschied zwischen den Ernährungsbedingungen dieser alleroberſten Schicht und

in dem darunterliegenden Grobsand ergibt sich oft eine außerordentlich oberflächliche Wurzelbildung der Jungkiefer. Das Zurücktreten von Unkrautwuchs auf diesen Böden führt außerdem zu einem sehr dichten Stand der Kiefernsaaten. Das Versagen der Kiefer im Stangenholzalter läßt sich in solchen Fällen ohne weiteres aus der übermäßig großen Stammzahl, der oberflächlichen Bewurzelung und der Trockenheit des Untergrundes erklären, vor allem wenn nach Aufzehrung des vom Acker hinterlassenen Humusgehaltes einzelne trockene Sommer diese obersten Schichten ausdörren. Für die besonderen Gründe, welche dann auf diesen Böden zu dem verheerenden Auftreten des Wurzelpilzes führen, der die unmittelbare Ursache der Ackersterbe ist, konnten bisher nur Arbeitshypothesen aufgestellt werden, deren endgültige Prüfung noch aussteht.

Der grundsätzliche Unterschied des Verhaltens der Kiefernbestände auf alten Aufforstungsflächen in den verschiedenen Wuchsgebieten wird sich nach diesen Ergebnissen wohl zwanglos aus den besprochenen Bodenunterschieden erklären lassen. Ein dritter wichtiger Typ, der meist ebenfalls stark unter dem Ackersterben leidet, sind viele Böden mit Lehmuntergrund. Diese und ebenso die Aufforstungsflächen im nordwestdeutschen Heidegebiet müssen noch eingehend untersucht werden.

Während es sich bei diesen Folgen der Freilage bzw. des Ackerbaues nach eingehenden Untersuchungen (69) im wesentlichen um Veränderungen in der Verteilung des Humus usw., aber nicht um starke Verarmungen des Bodens handelt, führt die Streunutzung, d. h. die Entnahme der Humusdecke aus dem Walde für landwirtschaftliche Zwecke, unmittelbar zu einem Verlust des Waldbodens an Humus und an den im Humus steckenden Nährstoffen. Die Empfindlichkeit der verschiedenen Bodenarten hiergegen ist nach den langdauernden Versuchen der Versuchsanstalten sehr verschieden. Eine selten und in mäßiger Form durchgeführte Entnahme beeinflußt den Zuwachs nicht oder wenig. Eine häufig und rücksichtslos durchgeführte Entnahme aber führt selbst auf kräftigen Böden zu schweren Wachstumsrückgängen und kann auf armen Böden selbst die anspruchslose Kiefer außerordentlich schädigen. Bei alljährlicher Nutzung der Streu ist ein Rückgang des Wachstums auf die Hälfte keine Seltenheit.

Die Möglichkeit und die Schnelligkeit einer Erholung des Bodens nach dem Aufhören der Streunutzung hängt von den allgemeinen Eigenschaften des Bodens ab. Auf humusreichen Böden ist die Ausheilung oft erstaunlich schnell, auf humusarmen groben Sandböden

aber sind die Folgen rücksichtsloser Streunutzung noch nach 50 oder 100 Jahren oft erschreckend. Soweit heute festzustellen ist, haben große Kieferngebiete im Osten und ebenso in Bayern durch langjährige Streunutzung ihre Fruchtbarkeit für Jahrhunderte verloren und können nur langsam durch pflegliche Behandlung wieder etwas ertragsreicher gemacht werden.

Ergänzungen von hohem praktischen und wissenschaftlichen Wert brachten Untersuchungen und Versuche, die unter Leitung von Oberförster Pfort in Schönlanke (22) bei Schneidemühl angestellt wurden. Dies Gebiet ist durch die Mißwirtschaft früherer Jahrhunderte (Holzraub, Weide, Streunutzung) völlig verwüstet worden und trägt jetzt nach der Aufforstung auf großen Flächen sehr schlechte Kiefernbestände mit dürftigster Bodendecke. Hier wurde durch zahlreiche Bodenbohrungen festgestellt, daß zwar die oberste Bodenschicht ein grobkörniger Sand ist, der unter dem Einfluß der langen Mißhandlung sehr humusarm geworden ist, daß aber der Untergrund außerordentlich wechselt: Teils findet sich tiefgründiger trockener Sand, teils Feinsand, an vielen Stellen sogar Lehm. Die Kiefernwurzel aber ist augenscheinlich durch den trostlosen Zustand der oberen Sandschichten vollkommen von diesen tieferen Schichten abgeschlossen, so daß die im Untergrund liegenden Bodenkräfte überhaupt nicht ausgenutzt werden.

Auf Grund dieser Untersuchungen wurden die Teile mit günstigem Untergrund ausgesucht und in großem Umfang durch Bodenbearbeitung und Anbau von Holzarten mit energischer Wurzel der Versuch gemacht, die Baumwurzeln wieder in diese günstigen Schichten hineinzubringen. Der äußere Erfolg dieser Versuche ist jetzt nach 6 Jahren hervorragend. Die jungen Buchen und Eichen wachsen meist sehr gut, und auch ihre Wurzeln sind in vielen Fällen, wenn auch nicht überall, schon in erhebliche Bodentiefen eingedrungen. Der Dauererfolg ist natürlich noch nicht abzusehen. Bei weiterem guten Fortgang verspricht die hier angewendete Behandlung eine entscheidende Steigerung der Produktion, die auch für ähnliche durch Mißhandlung geschädigte Böden mit gutem Untergrund bahnbrechend werden kann.

Gerade der Vergleich dieser Böden von Schönlanke mit den Feinsandböden in Anhalt beweist die ganz verschiedene Empfindlichkeit und Erholungsfähigkeit der verschiedenen Bodenarten: Die Feinsandböden von Anhalt nämlich haben selbst durch

lange schlechte Behandlung ihren hohen Humusgehalt, der die Ursache der verhältnismäßig guten Wachstumsleistungen ist, nicht eingebüßt und lassen daher auch umgekehrt keine besondere Wachstumssteigerung durch Besserungsmaßnahmen erwarten. Dagegen ist auf diesen Böden von Schönlanke, bei denen ein guter Untergrund von einer grobkörnigen Sanddecke überlagert ist, zweifellos eine außerordentliche Verminderung der Bodenkraft möglich, sobald die Baumwurzel infolge Verschlechterung des Oberbodens nicht mehr in die tieferen Schichten dringt. Hier verspricht die Aufschließung des Untergrundes für den Wald aber auch eine große Steigerung der Wachstumsleistung. Diese Vergleiche führen in die grundsätzlichen Fragen der waldbaulichen Möglichkeiten hinein und zeigen den hohen Wert einer gründlichen Kenntnis der tieferen Bodenschichten.

III. Der Einfluß einzelner forstlicher Maßnahmen auf die Wachstumsbedingungen.

In den letzten Jahren habe ich teils mit jüngeren Hilfsarbeitern, teils in Gemeinschaftsarbeiten mit selbständigen Forschern untersucht, welchen Einfluß die Maßnahmen der gewöhnlichen forstlichen Bewirtschaftung auf die ökologischen Grundlagen des Wachstums des Waldes und auf das Wachstum selbst haben. Der beste Weg zur Feststellung des Erfolges ist naturgemäß der vergleichende Versuch, wobei ursprünglich gleiche Flächen auf gleichem Boden lange Zeit nach verschiedenen Grundsätzen behandelt werden. Dieser Methode stellen sich aber in der Forstwirtschaft noch viel größere Schwierigkeiten als in der Landwirtschaft entgegen. Vor allem verlangt das lange Leben der Waldbäume je nach der Versuchsfrage eine 10—60jährige Versuchsdauer, bevor endgültige Schlüsse gezogen werden können. Eine so langfristige planmäßige Durchführung der Versuche ist natürlich in höchstem Maße durch äußere Gefahren (Insekten, Witterungsschäden usw.), aber auch durch den Wechsel des Versuchsleiters und der allgemeinen forstlichen Ansichten gefährdet. Die Größe des einzelnen Baumes zwingt außerdem zu sehr großen Einzelflächen, so daß für Versuchsreihen mit mehreren Flächen häufig keine genügend großen Plätze mit gleichem Standort gefunden werden. Endlich ist eine Übertragung von einzelnen Versuchsergebnissen auf die Allgemeinheit infolge der oben gezeigten außerordentlichen Verschiedenheiten der forstlichen Standorte unmöglich.

Die Preußische Forstliche Versuchsanstalt ist in einem Teil dieser Punkte besonders günstig gestellt, weil sie über 30 Jahre lang von einem so bedeutenden Forscher wie Geheimrat Schwappach einheitlich geleitet wurde und weil auch dessen Nachfolger dies kostbare Erbe von über 500 langfristigen Versuchen ganz in seinem Sinn weiter behandeln.

Die Arbeiten, die mit Unterstützung der Notgemeinschaft durchgeführt wurden, sollten die statistischen Ergebnisse dieser vergleichenden Versuche dadurch verfeinern, daß sie den Einfluß der verschiedenen Bewirtschaftung auf den Bodenzustand, auf das Klima im Bestand usw. feststellten, um so die Ursachen der statistisch festgestellten Tatsachen zu finden. Die Klärung der Unterschiede im Bodenzustand, welche zwischen den verschiedenen Behandlungsmethoden bestehen, löst natürlich auch die grundsätzliche Frage, ob und wieweit überhaupt der Waldbestand den Boden beeinflußt. Bei einer Reihe von Fragen wurden auch selbständige ertragskundliche Messungen mit Notgemeinschaftsmitteln durchgeführt, und ebenso manche Fragen, die der ertragskundlichen Behandlung nicht zugänglich sind, unmittelbar von der ökologischen Seite her angepackt.

Die wichtigsten wirtschaftlichen Fragen, die zur Untersuchung kamen, sind folgende: Der Einfluß des Kahlschlages auf den Boden, die natürliche Verjüngung bei Kiefer und Fichte, die forstliche Düngung, die Regelung der Stammzahl im höheren Bestandesalter (Durchforstung und Lichtung) und die Unterschiede von reinen Beständen (aus nur einer Holzart) und gemischten Beständen.

1. Der Einfluß des Kahlschlages auf Boden und Produktionskraft.

Gegen den Kahlschlag, d. h. die Nutzung sämtlicher auf einer „Abtriebsfläche" stehenden Bäume auf einmal, in der Regel mit nachfolgendem künstlichem Anbau der „Kahlschlagfläche" sind schon vor 50 Jahren von Gayer, Borggreve und anderen schwere Angriffe wegen der Gefährdung der Bodenkraft erhoben worden. Gerade in den letzten Jahrzehnten haben sich diese Angriffe besonders gehäuft, in Süddeutschland durch Wagner, in Norddeutschland durch Erdmann und die Führer der Dauerwaldbewegung, die dem Kahlschlag die Zerstörung des „Waldwesens" und eine allgemeine unvermeidliche schwere Schädigung der Wuchskraft zum Vorwurf machen. Beweise für

diese behaupteten Schädigungen wurden damals nur ganz vereinzelt beigebracht. Daher wurde in den letzten Jahren diese Frage von verschiedenen Seiten eingehend untersucht, und zwar einerseits die Wirkung des Kahlschlages auf das Wachstum des nachfolgenden Waldbestandes, andererseits seine unmittelbare Wirkung auf den Bodenzustand.

In dem großen sächsischen Fichtengebiet konnte ich 1923 (52) auf bestimmten „empfindlichen" Böden erhebliche Wachstumsrückgänge der letzten Fichtengeneration gegenüber der vorhergehenden nachweisen, die augenscheinlich durch die Wirkungen des Kahlschlages selbst, durch die Nachwirkungen der vorhergehenden Fichtenbestockung auf den Boden und durch die Folgen fehlerhafter Kultur- und Durchforstungsmethoden gemeinsam verursacht sind. Dagegen waren auf anderen „unempfindlichen" Böden desselben Gebietes keinerlei solche Wachstumsrückgänge erkennbar. Die Untersuchung einiger moderner Kulturmethoden in Kiefern- und Fichtengebieten von Sachsen (53, 54) zeigte dann, daß selbst auf schwer gefährdeten Standorten der Kahlschlag bei zweckmäßiger Methode des Wiederanbaus keine solchen Schäden herbeiführt, daß er also an sich nicht die Schuld trägt. Ebenso hat Hennecke in einer — von diesen Arbeiten unabhängigen — Untersuchung gezeigt, daß auf verschiedenen Kiefernstandorten bei Eberswalde die auf der Kahlschlagfläche erzogenen Kiefernbestände keinesfalls schlechter als die vorhergehende Generation wachsen, daß also auch hier der Kahlschlag die Wachstumskraft des Bodens nicht geschädigt hat.

Über den Einfluß des Kahlschlages auf den Bodenzustand waren bis vor kurzem nur einzelne Untersuchungen vorhanden, die meist an besonders auffälligen Beispielen angestellt waren. Umfangreiche Untersuchungen von Geheimrat Vater, die von mir (53) und Blankmeister fortgeführt wurden, zeigten dann an der Entwicklung der Bodenflora nach dem Kahlschlag, daß irgendeine allgemeine Regel nicht möglich ist. Vielmehr stehen schon in dem standörtlich ziemlich einheitlichen Fichtengebiet des Erzgebirges die verschiedensten Entwicklungsformen nebeneinander: Auf manchen besonders trockenen Böden bildet sich in den ersten Jahren nach dem Kahlschlag eine üppige Krautflora, die dann von anspruchslosen Gräsern oder, auf armem Boden sogar von der Heide abgelöst wird. Auf vielen frischen und kräftigen Böden aber wird auch bei längerer Freilage eine sehr günstige Flora als Zeichen guten Bodenzustandes

beibehalten. Auf manchen undurchlässigen Böden endlich führt der Wasserüberschuß auf der kahlgeschlagenen Fläche zu schweren Versumpfungen, bis der Wasserverbrauch des heranwachsenden neuen Bestandes den Wasserhaushalt wieder regelt und günstigere Zersetzungsbedingungen schafft.

In den letzten Jahren hat Professor Wittich mit Unterstützung der Notgemeinschaft diese Einflüsse des Kahlschlages auf den Boden eingehender bearbeitet (69). Im Gegensatz zu den meisten früheren exakten Bodenuntersuchungen, die besonders schlechte Einzelfälle nach einer bestimmten Richtung hin untersuchten, hat Wittich auf durchschnittlichen Böden verschiedener Wuchsgebiete Norddeutschlands in zahlreichen Flächenreihen die Veränderungen des Bodens nach dem Kahlschlag verfolgt und dabei möglichst viele Bodeneigenschaften bearbeitet, vor allem natürlich das „Waldwesen", worunter in erster Linie die Biologie der oberen Bodenschichten zu verstehen ist. Seine Untersuchungsgebiete liegen im märkischen Kieferngebiet, auf den Gebirgsböden von Harz und Thüringer Wald und auf den diluvialen Böden des ozeanischen Nordwestdeutschlands.

Nach seinen Untersuchungen ist in der Mark auf guten Böden schon im Kiefernaltholz, das hier meist mit Buche gemischt ist, der Stickstoffumsatz vorzüglich. Nach dem Kahlschlag steigt er dank der erhöhten Wärmezufuhr noch an. Nach längerer Freilage, wenn die im Altholz gespeicherten Nährstoffe aufgezehrt sind, bleibt er zwar hinter dem Altholz zurück. Selbst nach hundertjähriger Freilage ist aber der Umsatz noch ebenso groß wie nach achtjähriger Freilage. Es bildet sich also bald ein recht günstiger Dauerzustand. Der Säuregrad nimmt nach dem Kahlschlag langsam, aber stetig ab.

Auf etwas geringeren Böden mit Auflagehumus hat die Bearbeitung des Bodens (zum Anbau der neuen Kultur) entscheidenden Einfluß auf die Humusentwicklung. Wenn keine Bearbeitung erfolgt, wird wenigstens auf besseren Böden die frühere Heidelbeerdecke bald durch Gras ersetzt, welches den Auflagehumus zerstört. Wenn der Mineralboden für die Kultur streifenweise freigelegt und der Humus zwischen diesen Streifen zu Balken aufgehäuft wird, so wird auf besseren Böden ebenfalls der Humus durch das Gras aufgezehrt, auf geringen Böden aber bleiben die Balken lange Zeit ohne Flora und ohne Kennzeichen stärkerer Zersetzung liegen. Nach den Untersuchungen ist hier die Zahl der Bakterien zwar vermindert, aber nicht vernichtet. Die noch vorhandenen Bakterien befinden sich aber infolge der über-

mäßigen Austrocknung des Humus in einer Trockenstarre, die erst bei Eintritt günstiger Feuchtigkeit aufgehoben wird.

In dem kühlen und feuchten Oberharz ist der Bodenzustand im Altholz und auf der Kahlschlagfläche auf den allerbesten Böden ähnlich den guten Böden der Mark. Auf allen übrigen Böden fehlt im Altbestand selbst bei sehr starker Durchforstung jede Nitrifikation, auf der Kahlschlagfläche ist diese überall vorhanden und zwar auch dann, wenn die „nitratanzeigenden" anspruchsvollen Bodenpflanzen fehlen. Die Bildung von Ammoniak, die einen etwas geringeren Grad des Stickstoffumsatzes als die Nitratbildung vorstellt, nimmt in den ersten Jahren nach dem Kahlschlag rasch zu. Dann sinkt sie im Auflagehumus infolge der raschen Verminderung der Humusmenge trotz der gesteigerten Humuszersetzung allmählich ab. Im Mineralboden bleibt sie zunächst lange Zeit etwa gleich, nimmt aber später plötzlich außerordentlich zu, sobald der Zusammenschluß des neuen Bestandes die Bodenflora zum Absterben bringt, weil dann die Rückstände der absterbenden Bodenflora verfügbar werden. Der Säuregrad des Auflagehumus und auch des Mineralbodens wird während der Freilage ständig geringer. Die ungünstigen Veränderungen des Bodens nach dem Kahlschlag, die von mir in trockenen Fichtenlagen des Erzgebirges beobachtet wurden, sind hier nirgends aufgetreten.

Auf den Sandsteinböden des Thüringer Waldes ist das Bild ähnlich; nur ist hier im Fichtenbestand auch bei schärfster Durchforstung keinerlei Besserung der biologischen Tätigkeit erkennbar. Nach dem Kahlschlag kommt es auf diesen trägen Böden meist nur zur Ammoniakbildung und nur ausnahmsweise zu Nitrabildung.

In dem humiden Nordwestdeutschland verlaufen die biologischen Prozesse meist viel träger als in dem sommerwarmen Osten. Teilweise trägt hieran wohl das ungünstige Klima (Wärmemangel) unmittelbar die Schuld, teilweise aber auch das starke Vorherrschen von Heidelbeere und Heide, die schwerer zersetzliche Abfälle liefern als die Gräser. Ammoniakbildung ist überall vorhanden, Nitrat wird aber auch auf der Kahlschlagfläche nur ausnahmsweise gebildet. Der Stoffumsatz in den „verkohlten" Humusbalken der Streifenkulturen ist oft so langsam, daß bei normaler Dauer der Freilage der Auflagehumus noch nicht aufgezehrt wird, sondern teilweise als sehr lästiges Erbe der vorhergehenden Waldgeneration in die nächste Waldgeneration übernommen wird. Auf solchen Böden, die nach Aufzehrung des Humus

eine Heidedecke tragen, ist der biologische Zustand noch ungünstiger als im Bestand.

Ganz neue Aufschlüsse brachte die Bearbeitung der allgemeinen Gesetze, die diesen örtlichen Ergebnissen zugrunde liegen. Hiernach wird nach dem Kahlschlag zunächst allein durch die höhere Wärme und Feuchtigkeit, also unabhängig von der Schlagflora, die Humuszersetzung stark angeregt und so auf den meisten Böden die Grundlage für das Erscheinen einer anspruchsvollen Vegetation geschaffen. Diese ist aber ebenfalls nicht nur Weiser für einen günstigen Humuszustand, sondern sie zieht den Humus in ihren Lebenskreislauf ein und verändert ihn sehr stark.

Entgegen früheren Auffassungen tritt auf der Schlagfläche im allgemeinen kein Stickstoffverlust ein, sondern nur eine grundsätzliche Veränderung der Verteilung des Stickstoffes im Boden: Im Altbestand befindet sich nämlich der Hauptteil des Stickstoffes im Auflagehumus, während der Mineralboden ziemlich stickstoffarm ist. Auf der Schlagfläche nimmt die Mächtigkeit des Auflagehumus stark ab, dafür wächst der Stickstoffgehalt des Mineralbodens, und außerdem sind große Stickstoffmengen als umlaufendes Kapital in der Bodenflora enthalten, und zwar sowohl in den Wurzeln wie in den oberirdischen Teilen. Diese Verschiebung nach dem Kahlschlag ist zweifellos ein Gesundungsprozeß, weil ein Teil des Stickstoffs, der bisher unbenutzbar im Auflagehumus festgelegt war, wieder für die Produktion freigemacht wird. Entscheidend für die Schnelligkeit und Gründlichkeit dieses Gesundungsprozesses ist die Art und Menge der Schlagflora, die wieder stark von den Eigenschaften von Klima und Boden abhängt.

Eigenartig war die Feststellung einer erheblichen Stickstoffassimilation aus der Luft auch auf biologisch ungünstigen Böden, die sowohl im Altbestand wie auf der Freifläche erfolgt. Für den gesamten Stickstoffhaushalt hat sie allerdings bei weitem nicht dieselbe Bedeutung wie die Umschichtungen des Stickstoffkapitals.

Weitere Untersuchungen von Wittich auf märkischen Kiefernböden zeigten, daß für die Lockerung des Bodens (Porenraum) die Bodenflora entscheidend ist. Auf allen Böden, die nach dem Kahlschlag stark vergrasen, wird entgegen früheren Annahmen der Porenraum nicht verkleinert, sondern durch die lockernde Wirkung der Graswurzeln erhöht. Auf den Gebirgsböden mit großem Steingehalt waren eindeutige Wirkungen des Kahlschlages auf die Lockerheit nicht festzu-

stellen. Auch eine Auswaschung der oberen Bodenschichten durch den Kahlschlag wurde nirgends festgestellt.

Ergebnis. Im ganzen widerlegen diese eingehenden Untersuchungen, die meist keine extremen Böden, sondern durchschnittliche Standorte der einzelnen Gebiete behandeln, die bisherigen rein theoretisch aufgestellten Annahmen über die allgemeine Schädlichkeit des Kahlschlages. Die Ursache liegt vor allem darin, daß der Kahlschlag nicht, wie gewöhnlich theoretisch angenommen, die Umwandlung eines von Wald bedeckten Bodens in einen kahlen Boden ist, sondern in den meisten Fällen die vorübergehende Ablösung des Pflanzenvereines Wald durch andere Pflanzenvereine. Die Wirkung des Kahlschlages hängt dann großenteils von der Menge und der Art dieser neuen lebenden Bodendecke ab, vor allem da auch die klimatischen Faktoren auf der Kahlfläche bei allen mit Humus bedeckten Böden den Mineralboden nur in außerordentlich abgeschwächtem Maße beeinflussen können, weil der Auflagehumus eine sehr wirksame Isolierschicht bildet. Je nach den Sondereigenschaften von Klima und Boden ergibt sich infolgedessen eine ganz verschiedene Einwirkung des Kahlschlages auf die einzelnen Bodeneigenschaften.

2. Die standörtlichen Grundlagen der Naturverjüngung.

a) Bei der Fichte.

Die natürliche Verjüngung der Fichte (durch Selbstbesamung vom Altbestand) ist vor allem in Süddeutschland sehr empfohlen worden, und zwar sollten bestimmte Hiebsmethoden, „Blendersaumschlag" usw., allgemein und sicher zum Verjüngungserfolg führen. Da diese Frage für den sächsischen Gebirgswald besondere Bedeutung hat, habe ich sie während meiner sächsischen Tätigkeit sehr eingehend bearbeitet (61). Mein damaliger Hilfsarbeiter Hause (21) hat die Untersuchungen bis jetzt weitergeführt. Veröffentlicht ist bis jetzt nur ein kleiner Teil der Arbeiten (20, 60, 63). Die Untersuchungen wurden teils in den berühmten süddeutschen Naturverjüngungsrevieren vorgenommen, teils in älteren sächsischen Verjüngungsflächen. Dazu trat ein 1923 in Sachsen auf größter Fläche eingeleiteter Versuch, die natürliche Verjüngung der Fichte auf den verschiedensten Böden durch geeignete

Bodenbearbeitung und Hiebsführung zu erzwingen. Das Ergebnis der Untersuchungen ist bisher folgendes:

Die wichtigsten Gefahren für die Jungfichte liegen in dem Lichtmangel unter dem Schatten des Altholzes und in der ungenügenden Versorgung mit Nährstoffen und Wasser, vor allem auf untätigen Trockentorfböden unter dem Altholzschirm, außerdem in der Konkurrenz anderer Bodenpflanzen, vor allem von Heidelbeere und Gras. Bei Räumung des alten Holzes nimmt der Lichtmangel ab, ebenso wird die Wasserversorgung und die Nährstoffversorgung durch die bessere Humuszersetzung erleichtert, andererseits steigt die Bedrohung durch Gras usw.

Die Empfindlichkeit der Jungfichte gegen diese Gefahren ist nun auf den einzelnen Standorten durchaus verschieden. Die große Bedeutung des Bodens zeigten die Untersuchungen in dem bekannten Naturverjüngungsrevier Gaildorf (Württembergischer Keuper), wo seit etwa 30 Jahren planmäßig schmale Streifen des Altholzes von Norden her gelichtet und allmählich geräumt werden (Blendersaum). Hier gedeiht die Jungfichte auf den kalkreichen und im Untergrund frischen Formen der Keupersandsteine meist schon im Schirm des alten Holzes und zwar sehr gut vor Ankommen der Vergrasung. Nach der saumweisen Räumung des Altholzes überwächst sie die nachträglich einsetzende Vergrasung ohne Schwierigkeiten. Auf den kalkarmen und trockenen Formen dieser Sandsteine fehlt die Verjüngung unter dem Altholzschirm fast ganz. Teils erscheint sie nach der Räumung durch seitliche Besamung und entwickelt sich meist störungslos, weil diese Bodenart wenig vergrast, teils aber wuchert die Heidelbeere schon unter dem Altholzschirm und verhindert ein Gedeihen der Jungfichte. Auf den tonigen Keupermergeln endlich wird der Boden oft schon im fast geschlossenen Altholz völlig von Gras oder Jungbuchen bedeckt, so daß die Fichtenverjüngung unmöglich ist.

In den klimatisch wärmeren Teilen des Fichtengebietes, zu dem auch Gaildorf gehört, gedeiht die Jungfichte meist am besten auf dem vor der Sonne geschützten Nordrand des Altholzes, in den höchsten Lagen der Gebirge aber ist sie so lichthungrig, daß sie vorwiegend auf den östlichen und südlichen Rändern anfliegt, während in den mittleren Gebirgslagen auf frischen Böden die Himmelsrichtung keine entscheidende Bedeutung für das Gelingen der Verjüngung hat.

Bezeichnend für das außerordentlich verwickelte Zusammengreifen klimatischer und bodenkundlicher Faktoren

ist die Tatsache, daß auf manchen Kalkböden auch in warmen Lagen gerade die Südränder sich am besten verjüngen (61). Hier wird nämlich bei Wegnahme der südlich anschließenden Bäume der Boden zunächst so durch die Sonne ausgedörrt, daß das Gras verschwindet, während die schon vorher angeflogene Fichte sich noch kümmerlich erhalten kann. Wenn dann nach Räumung des Altholzes über den Jungfichten der kalkreiche Boden sich erholt, so beginnt die Jungfichte bald wieder in die Höhe schieben, während die Vergrasung erst nach einigen Jahren wieder beginnt. Auf den Nordrändern derselben Bestände aber vernichtet die Vergrasung jede Verjüngung.

Auf den meist kalkarmen Gebirgsböden von Sachsen wurde besonders die Bedeutung der Bodenbearbeitung für die Verjüngung der Fichte geprüft. Die Jungfichte entwickelt sich auf solchen Moorböden, die nicht leicht vergrasen, und ebenso auf manchen tätigen, aber wenig vergrasenden Mineralböden auch ohne Bodenbearbeitung außerordentlich günstig. Auf armen und trockenen Böden genügt im Altholzschatten auch kräftige Bodenbearbeitung nicht zu einer Anregung der Humuszersetzung, welche der Jungfichte genügt. Hier fliegt die Jungfichte höchstens auf der Kahlschlagfläche an. Auf vielen mittleren Böden aber mit Heidelbeere und Moosen, auf denen die Jungfichte ohne Bearbeitung des Bodens im nächsten trockenen Sommer fast restlos verdorrt, läßt sie sich durch Bearbeitung des Bodens erhalten und zwar nicht nur im freigelegten Mineralboden, sondern fast noch besser auf dem durchgearbeiteten Rohhumuswällen zwischen den freigelegten Streifen.

Zur Klärung dieser standörtlich bedingten Unterschiede der Verjüngung wurden Bodenuntersuchungen verschiedener Art, Messungen und Wägungen der oberirdischen und unterirdischen Pflanzenteile usw. durchgeführt und zwar teilweise in ganz großem Umfang (21). Von diesen Ergebnissen sollen hier nur einige von allgemeiner Bedeutung angeführt werden. Auf die engen Zusammenhänge der Verjüngungsfähigkeit mit den geologischen Schichten, die sich in Gaildorf ergab, wurde schon hingewiesen. In Sachsen wurden mehrere Tausend Säuremessungen in den verschiedenen Humusschichten vorgenommen (62). Hiernach ist der durchschnittliche Säuregrad des Humus auf den verschiedenen Böden fast gleich, natürlich mit Ausnahme einiger basenreicher Basaltböden usw. Ebenso haben die bearbeiteten und nicht bearbeiteten Humusbänke fast denselben durchschnittlichen Säuregrad (geringe Entsäuerung). Dagegen wird der Unterschied, der im

nicht bearbeiteten Humus zwischen der weniger sauren obersten Schicht und der stärker versauerten tieferen Humusschicht besteht, durch die Bearbeitung vollkommen beseitigt.

Nach zahlreichen Wurzelgrabungen (21) wurzelt die Jungfichte im unbearbeiteten Humus ausschließlich in dessen alleroberster weniger sauren Schicht und ist in dieser naturgemäß bei jeder Trockenheit unmittelbar dem Verdorren ausgesetzt. In den bearbeiteten Flächen aber ist sie sofort tief in die Humuswälle eingedrungen. Hierdurch erklärt sich ohne weiteres ihre viel größere Sicherheit gegen Dürre.

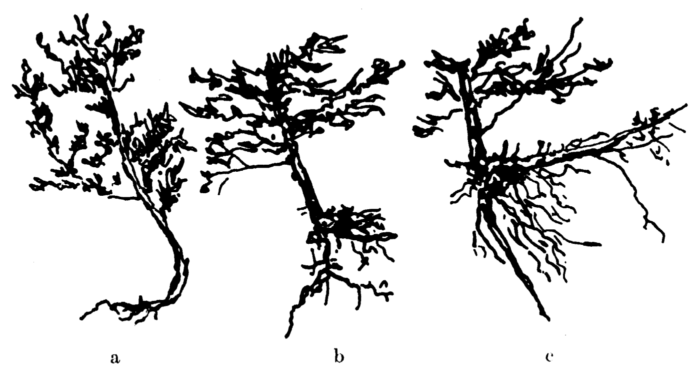


Abb. 7. Die Wurzeln von älteren Anflugfichten auf verschiedenen Böden von Gaildorf.

a) 16jährige Anflugfichte auf „unteren bunten Mergeln", ganz verkümmerte oberflächliche Wurzeln.
b) Etwa gleichaltrige Anflugfichte auf „oberen bunten Mergeln", mäßige Flachwurzel mit mäßiger Tiefenentwicklung.
c) Etwa gleichaltrige Anflugfichte auf „Stubensandstein", starke Pfahlwurzel und gute Flachwurzel.

Die Abbildungen 7 und 8, die direkt auf photographische Aufnahmen aufgezeichnet sind, zeigen Wurzeln von etwa achtjährigen Anflugfichten auf verschiedenen Böden von Gaildorf.

Auf den Mergelböden (7 a) bleiben die Anflugfichten lange Zeit in der obersten Humusschicht und sind dadurch außerordentlich gefährdet, dagegen gehen sie auf den günstigen Sandsteinböden schon im Bestandesinnern etwas in die Tiefe und entwickeln nach Räumung des Altholzes ausgesprochene Tiefwurzeln (7 c). Besonders charakteristisch

zeigen die folgenden Abbildungen die Umbildung der Fichtenwurzeln im Laufe der Verjüngungszeit, und zwar auf „Kieselsandsteinboden".

Die Wurzeln hatten sich anfangs unter dem Altholzschirm ganz flach in der obersten Humusschicht entwickelt (8 a). Sobald bei stärkerer Belichtung auch die tieferen Schichten angeregt werden, entwickelt sich neben dieser Flachwurzel eine kräftige Tiefwurzel (8 b), die dann später vollkommen die Führung übernimmt (8 c).

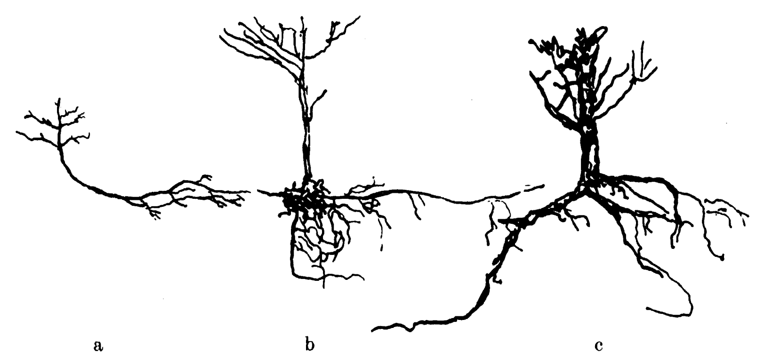


Abb. 8. Die Umwandlung der Fichtenwurzel als Folge von veränderter Belichtung.
Anflugfichten auf Kieselsandstein von Gaildorf.

a) Anflugfichte in vollem Schatten, einseitige kümmerliche Wurzel, ausschließlich im Humus.
b) Anflugfichte kurz nach voller Freistellung, beginnende Bildung der Tiefwurzeln.
c) Anflugfichte nach längerer voller Freistellung. Bildung eines vielseitigen Wurzelsystems vollendet.

Nach diesen Beispielen ist die Wurzelbildung der Jungfichte durchaus nicht auf allen Böden einheitlich. Außerdem zeigt sich die große Anpassungsfähigkeit der Wurzel an spätere Veränderungen des Bodenzustandes, wie sie vor allem durch stärkere Belichtung hervorgerufen werden. Die Naturverjüngungsfichte hat also keineswegs von vornherein eine „naturgemäße" und besser an „den Boden" angepaßte Wurzelform als die gepflanzte Fichte. Vielmehr hat sie sich an die ganz besonderen Humuszustände im Schirm des Altholzes angepaßt und muß bei der grundsätzlichen Veränderung, welche die oberen Bodenschichten durch den Kahlschlag erfahren, ebenfalls grundsätzliche Veränderungen durchmachen. Diese Umstellung führt nachweislich auch zu mehrjährigen Stockungen des Wachstums, die sie unter Umständen

im Kampf mit der Graskonkurrenz usw. entscheidend schädigen können. Die auf die Kahlfläche gepflanzten Fichten, die sich sofort an diesen neuen Bodenzustand anpassen konnten, haben daher in den ersten, für die ganze Entwicklung oft entscheidenden Jahren in vielen Flächen das dreifache Höhenwachstum wie die benachbarten Anflugfichten.

b) Bei der Kiefer.

Die Kiefer wird in Nordostdeutschland seit etwa 100 Jahren fast ausschließlich durch Saat oder Pflanzung nach Abtrieb des Altbestandes angebaut. Erst in den letzten Jahren wurde die Frage der Naturverjüngung wieder akut, da die Führer der Dauerwaldbewegung die bisherige Wirtschaftsform auf das schärfste angriffen und auf Grund einzelner hervorragender Naturverjüngungserfolge, vor allem in dem Musterrevier Bärenthoren, den Satz aufstellten, daß die Naturverjüngung der Kiefer in einem Wald mit gesundem Waldwesen, wie es die Dauerwaldwirtschaft erzielt, „nichts weiter als eine Lebensäußerung des Waldes sei", die bei entsprechender Wirtschaft auf allen Standorten erzwungen werden könne. Hierauf hat die Praxis sehr zahlreiche Versuche mit natürlicher Verjüngung unter Schirm eingeleitet. Deren geringer Erfolg hat heute diese Theorie in ihrer allgemeinen Fassung widerlegt. Die lebhafte Diskussion hat aber zu zahlreichen Untersuchungen über die standörtlichen und wirtschaftlichen Grundlagen der Kiefernnaturverjüngung geführt, bei denen ich auch Mittel der Notgemeinschaft in erheblichem Umfang verwendet habe.

Nach meinen Untersuchungen (12, 45, 55, 56), die außer Bärenthoren und seinen Nachbarrevieren auch auf einige andere Naturverjüngungsreviere ausgedehnt wurden, verlangt eine dauernde gute Entwicklung von Kiefernanflug wenigstens in Ostdeutschland drei grundsätzliche Bedingungen. Der Zustand der Bodendecke und der obersten Bodenschichten muß der Jungkiefer ein geeignetes Keimbett und Schutz vor den Folgen von trockenen Sommern bieten, außerdem muß eine starke Konkurrenz von Gras oder Heidelbeere fehlen. Die Kiefer ist im allgemeinen ein „Mineralbodenkeimer" im Gegensatz zum „Humuskeimer" Fichte. In Bärenthoren und seiner Umgebung und ebenso in anderen Verjüngungsgebieten bietet eine dünne Decke von Moos oder lückiger Heide dauernd ein günstiges Keimbett. Auf anderen Standorten wird dies Keimbett vorübergehend durch Entfernung der Bodenstreu (Streunutzung) oder durch die düngende Wirkung von Raupenkot (bei Insektenkalamitäten) ge-

schaffen. Wo diese Bedingungen fehlen, geht die Jungkiefer meist schon nach 1 oder 2 Jahren zugrunde.

Die große Sicherheit gegen Trockenheit, welche die Kiefer in Bärenthoren trotz des dortigen ariden Klimas besitzt, beruht nach umfassenden Untersuchungen auf dem Vorhandensein einer wenigstens 40 cm mächtigen oberen Deckschicht mit großem Gehalt von Humus und Feinsand

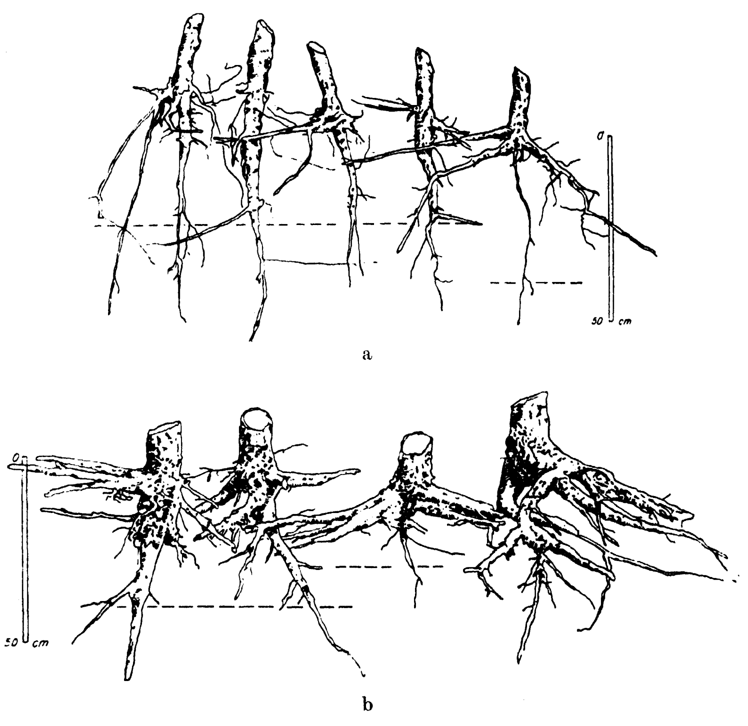


Abb. 9. Die Wurzelentwicklung von etwa 25jährigen Anflugkiefern bei verschiedener Belichtung auf günstigem Boden bei Bärenthoren.

Die ungefähre untere Grenze der feinsandigen Oberschicht mit dem darunterliegenden gröberen Sand ist durch eine gestrichelte Linie angedeutet.

Abb. 9a. Durchschnittlich 29jährige Anflugkiefern im vollen Schatten.

Abb. 9b. Durchschnittlich 21jährige Anflugkiefern mit starkem Seitenlicht seit etwa 15 Jahren.

Die Wurzelumbildung und das stärkere Wachstum der belichteten Kiefern ist sehr auffällig. Der Maßstab ist der gleiche.

über grobem Sand. Diese Decke ist nicht, wie früher angenommen, durch die besondere Art der Bestandespflege oder durch die frühere Bewirtschaftung des Bodens als Acker oder Heideland (Schafhute) entstanden, sondern durch geologische bzw. klimatische Besonderheiten dieser ganzen Gegend. Die große Mächtigkeit dieser gleichmäßig günstigen Deckschicht schützt die Kiefer vor jeder einseitigen Reizwirkung der obersten Humusdecke, so daß sie schon in den ersten Jahren sofort eine Pfahlwurzel mit feineren gleichmäßig auf die verschiedenen Schichten verteilten Seitenwurzeln tief in diese günstige Deckschicht sendet und dadurch auch bei Austrocknung der allerobersten Schichten gesichert wird (Abbildung 9 a).

Erst später, wenn stärkerer Lichtzutritt auf die oberen Schichten stärker einwirkt, werden die Seitenwurzeln in diesen oberen Schichten stärker ausgebildet, freilich in einer viel breiteren Zone als auf den anderen Böden (Abbildung 9 b).

Die Abbildungen lassen auch erkennen, daß die Kiefernwurzeln an der unteren Grenze dieser Feinsandschicht, wo dieselbe mit kiesigen Grobsanden zusammenstößt (untere gestrichelte Linie), waagerecht hinlaufen und nur schwer in noch größere Tiefen eindringen. Diese Bilder sind ein sehr charakteristisches Beispiel für die Bedeutung der Reizwirkungen für die Wurzelentwicklung.

In anderen naturverjüngungsfreudigen Gegenden kann der Humusgehalt dieser Deckschicht auch durch einen noch größeren Feinsandgehalt ersetzt, oder die Gefahr übermäßiger Austrocknung kann durch feuchteres Klima gemildert werden. Auf vielen „normalen" Kiefernböden Norddeutschlands aber, wo unmittelbar unter einer dünnen Humusdecke ein grober humusarmer Sand liegt, laufen die Wurzeln der Jungkiefer zunächst waagerecht dicht unter der Humusdecke hin und sind daher bei trockener Witterung unmittelbar der Gefahr des Verdorrens ausgesetzt, bis sie später den Weg in größere Tiefen finden.

Die andere grundsätzliche Bedingung der Kiefernnaturverjüngung ist das F e h l e n e i n e r a l l z u ü p p i g e n B o d e n f l o r a. Gerade in der Gegend von Bärenthoren, und zwar auch in den Nachbarrevieren beschränkt sich die Kiefernnaturverjüngung im allgemeinen auf die Standorte, auf denen Moos und Heide als Bodenflora vorherrschen, weil der grobe Sand, der unter der oberen humusreichen Feinsandschicht ansteht, das Gedeihen wasserbedürftiger Pflanzen verhindert. Sobald aber Geschiebelehm oder Grundwasser in flacher Tiefe anstehen oder andere Faktoren auftreten, welche die Heidelbeere und

Gräser in starkem Umfang hochkommen lassen, wird die Kiefernnaturverjüngung im allgemeinen unmöglich. Auch in Bärenthoren selbst lassen sich diese Grenzen an einigen Stellen nachweisen. Die übrigen Bodeneigenschaften, z. B. der Säuregrad, der Stickstoffumsatz usw treten im Vergleich zu diesen grundsätzlichen Bedingungen der Kiefernnaturverjüngung im allgemeinen zurück.

Der Einfluß starker Belichtung auf das Höhenwachstum der Anflugkiefern ist auch auf diesen verjüngungsfreudigen Standorten außerordentlich. Dreißigjährige Anflugkiefern, die seit 16 Jahren von jedem Schirm befreit sind, haben in den letzten 10 Jahren den doppelten Höhenzuwachs, einen wesentlich größeren Durchmesserzuwachs und daher den sechsfachen Massenzuwachs der gleichzeitig entstandenen Anflüge geleistet, die im Schatten verblieben sind. In den ersten Jahren nach plötzlicher Freistellung geht der Zuwachs eher etwas zurück. Sobald die Pflanzen aber an die neuen Lebensbedingungen gewöhnt sind, steigt er aber außerordentlich.

Eine umfassende Statistik (56) über Ästigkeit und Geradschaftigkeit der Anflugkiefern, also von 2 Eigenschaften, welche die Nutzholztüchtigkeit der Kiefer sehr beeinflussen, zeigte zwar eine besondere Schlankheit und Feinästigkeit der Schattenkiefer. Bei späterer Freistellung aber verliert sie diese Eigenschaften sehr schnell durch Anpassung an den reicheren Lichtzufluß. Einzeln stehende Anflüge, die längere Zeit volles Licht genossen haben, sind sogar besonders grobästig. Auch auf der Kahlschlagfläche läßt sich übrigens auf diesen Böden durch sehr dichten gleichmäßigen Schluß eine große Feinästigkeit und Schlankheit erziehen.

Die Geradschaftigkeit ist natürlich bei allen sofort freigestellten Jungbeständen, vor allem bei Kahlschlagkulturen am besten, weil diese später nicht mehr durch Fällen und Hinausschleppen von Altholzstämmen geschädigt werden. Auch in solchen Naturverjüngungen, in denen der Schirm über den Anflügen sehr rasch geräumt wurde, beschränken sich die Schäden auf das unterste Stammstück. Dagegen war in denjenigen Verjüngungsbeständen von Bärenthoren, aus denen über mannshohem Anflug zahlreiche Überhälter entnommen werden mußten, schon nach den ersten stärkeren Hieben $^{1}/_{3}$ aller Jungkiefern durch das Herausschleppen schwer geschädigt. Außerdem ist die Kiefer im dichten Schatten infolge ihres langsamen Wachstums viel weniger als freistehende Kiefern imstande, einmalige Beschädigungen wieder auszuwachsen. Eine achtjährige Beobachtung und Messung (45) von mehreren Hundert Jungkiefern, die teils unter

dichtem Schirm, teils auf der Freifläche stehen, bewies, daß solche Schäden (Rüsselkäfer, Wickler, Fällungsschäden usw.) von den raschwüchsigen Kiefern der Freifläche ohne dauernde Folgen ausgeheilt werden, während die gleichen Schäden die benachbarten langsam wüchsigen Kiefern unter Schirm zu Krüppeln machen. Allerdings können sich nach diesen Beobachtungen auch fast hoffnungslose Schattenkiefern nach späterer Freistellung noch erholen, wenn die Beschädigungen nicht in zu großer Höhe des Baumes (etwa über 1 m hoch) sitzen.

In den übrigen norddeutschen Kiefernnaturverjüngungsgebieten, wie sie z. B. in Ostpreußen, Mecklenburg und manchen Gebieten der Mark und der Lüneburger Heide vorliegen, habe ich bisher nur Einzeluntersuchungen gemacht. Diese bestätigen durchaus die in der Gegend von Bärenthoren gewonnenen grundsätzlichen Ergebnisse über die Bedeutung des Unterbodens und der Bodendecke für die Naturverjüngung. Sie lassen sich aber noch nicht einheitlich zusammenfassen.

3. Die Bedeutung der Kulturmethode und der Baumrasse.

Die Methoden des Anbaues auf der Kahlfläche, Saat oder Pflanzung, dichter oder weitständiger Anbau, die Art und Tiefe der Bodenbearbeitung spielen nicht nur für die Anbaukosten, sondern auch für die spätere Entwicklung eine große Rolle. Daher wurden in den letzten Jahren sehr zahlreiche ältere und neuere vergleichende Kulturversuche in Preußen aufgenommen. Da diese Arbeiten meist mit dienstlichen Mitteln ohne Unterstützung der Notgemeinschaft durchgeführt wurden, soll hier nur ein ganz kurzer Überblick über die grundsätzlichen Ergebnisse gebracht werden.

Auch hier ergaben sich keine allgemein gültigen Rezepte. Vielmehr kann eine bestimmte Kulturmethode nur dann Erfolg haben, wenn sie zielbewußt den Gefahren und Möglichkeiten der betreffenden Holzart und vor allem des Standortes angepaßt ist. Z. B. bleiben sehr dicht begründete Fichtenbestände in niederschlagsarmen Gebieten mit trockenem Boden dauernd hinter weitständigen Vergleichsflächen zurück, weil die Konkurrenz um die geringe verfügbare Wassermenge übermäßig ist. Dagegen zeigt derselbe Vergleich auf frischen Böden der höheren Gebirgslagen dank der genügenden Feuchtigkeit keine dauernden Wachstumsunterschiede. Die Pflanzung der Kiefer hat auf sehr graswüchsigen Böden außerordentliche Vorzüge vor der Saat,

weil sie in den ersten Jahren rascher wächst und dadurch die Jugendgefahren schneller überwindet. Auf vielen Sandböden ohne stärkeren Graswuchs dagegen wird die Saat mit bestem Erfolge angewendet. Ebenso ist eine gründliche Bodenbearbeitung für Fichtenkulturen auf sehr tätigen Böden oft ohne jede Wirkung, auf manchen Böden mit übermäßiger sperriger Humusauflage kann die teure Einmischung des Humus in den Boden sogar schädlich wirken, während auf bestimmten anderen Standorten dasselbe Verfahren erhebliche langdauernde Wachstumssteigerungen erzielt. Einige Sonderfragen der Bodenbearbeitung, welche die Schwierigkeiten der hier verflochtenen Einzelfragen erkennen lassen, werden in dem Abschnitt über Düngung (B III 4) und in dem Abschnitt über Nordwestdeutschland (C II) genauer besprochen.

Auch der Einfluß der Baumrasse auf den späteren Ertrag konnte an zahlreichen preußischen Versuchsflächen untersucht werden, deren Ergebnisse dann dank der Mitwirkung anderer Institute wesentlich ergänzt werden konnten. Auch diese Arbeiten sind mit dienstlichen Mitteln ausgeführt und werden daher nur ganz kurz besprochen. Weitaus der größte Teil der Unterlagen sind Versuche mit Kiefer, die ja ein außerordentlich weites Verbreitungsgebiet hat (65). Nach den Messungen sind sehr viele örtliche Rassen vorhanden, die sich sowohl in ihrer Wuchsenergie wie in ihrer Empfindlichkeit gegen Schneedruck und andere formverändernde Einflüsse unterscheiden. Sehr auffällig ist, daß unter dem einheitlichen halbkontinentalen Klima von Eberswalde die sämtlichen Rassen auf die Schwankungen der Witterung, vor allem auf den Wechsel von trockenen und nassen Jahren in genau derselben Weise reagieren, obwohl sie teilweise aus dem hohen Norden, teils aus atlantischem Klima und teils aus streng kontinentalem Klima stammen. Diese ganz verschiedene Heimat hat also ihre Empfindlichkeit gegen Trockenheit und ihre günstige Beeinflussung durch reichliche Wasserzuführung nicht modifiziert. Einige Beispiele zeigt Abb. 10 auf Seite 46.

Die Zusammenfassung aller bisher bekannten Versuche bestätigte, daß die Verpflanzung von Kiefern in ein grundsätzlich anderes Klima mit schweren Gefahren verbunden ist, z. B. die Verpflanzung der mitteldeutschen Kiefer in das Hochgebirge oder an die Küste. Dagegen hat sich der lange Zeit herrschende Satz, daß jede Kiefernrasse in ihrer Heimat wesentlich mehr Sicherheit für gutes Gedeihen biete als eine fremde Kiefer, und daß die Gefährdung des Ge-

deihens mit der örtlichen Entfernung von Heimat und Anbauort steige, nicht bestätigt. So hat die ostpreußische Kiefer ebenso wie einige andere Rassen sich als außerordentlich widerstandsfähig gegen fremdes Klima erwiesen und selbst in Belgien und in den Vorbergen der Schweizer Alpen weder ihre heimatliche Wuchsform noch ihr gutes Höhenwachstum eingebüßt. Neben diesen Rassen, die gegen eine Verpflanzung in anderes Klima ziemlich

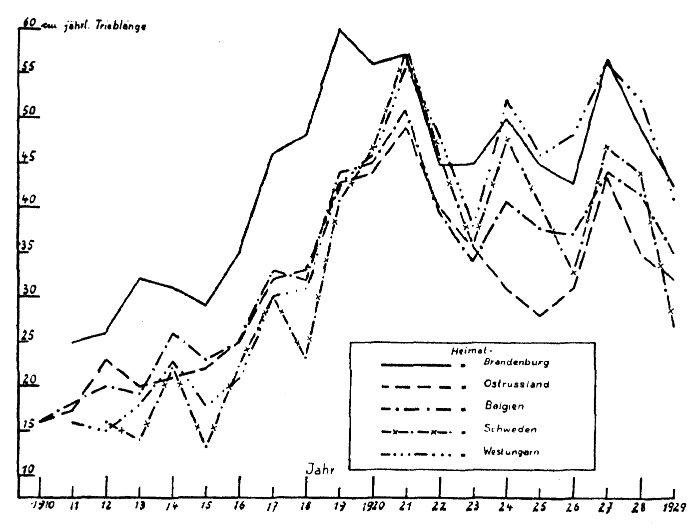


Abb. 10. Die Länge der jährlichen Höhentriebe verschiedener Kiefernrassen in dem 1908 angelegten Kiefernprovenienzversuch von Chorin.

Die Wuchsstockungen in den Jahren 1922, 1925 und 1929 infolge der Trockenjahre 1921, 1925, 1929 sind bei allen Rassen trotz des verschiedenen Klimas der Heimat etwa gleich.

unempfindlich sind, stehen allerdings andere Rassen, die schon in nicht allzu weit entfernten Gebieten im Höhenwachstum nachlassen oder durch allerlei Gefahren geschädigt werden. Diese Rassenfrage wird gerade jetzt durch sehr zahlreiche Anbauversuche geklärt. Dabei werden außer der Kiefer auch die Fichte und andere Holzarten erprobt, und innerhalb der Rassen auch die Einzelzüchtung von „Elitestämmen" durchgeführt. Bei der langen Dauer, die bei den Bäumen zwischen Anbau und Mannbarkeit der gezüchteten Pflanzen liegt, wird dies Problem allerdings noch sehr langfristiger Arbeit bedürfen.

4. Die Düngung im Forstbetrieb.

Die Untersuchungen über die Düngungsfrage beschränkten sich nicht auf ökologische und biologische Untersuchungen, sondern umfaßten auch die ertragskundliche Aufnahme zahlreicher älterer Düngungsversuche in norddeutschen Revieren. Die Arbeiten wurden teils mit Mitteln der Notgemeinschaft, teils mit solchen der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft und amtlichen Mitteln ausgeführt, und zwar vorwiegend durch jüngere Kräfte. Eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse befindet sich in den Arbeiten der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft 1932 (66).

Die praktische Bedeutung dieser Aufnahmen zeigt folgende Zusammenstellung: Bis vor wenigen Jahren waren zwar zahlreiche Versuchsergebnisse über die Düngung im Pflanzgarten vorhanden, aber nur 25 Versuchsreihen über den Erfolg der forstlichen Düngung außerhalb von Pflanzgärten. Hierzu trat 1927 eine Veröffentlichung von Geheimrat Vater über 21 sächsische Düngungsversuche. Die Bearbeitung von 90 Versuchsreihen mit über 600 Einzelflächen, die ich jetzt in Norddeutschland durchführen konnte, hat also die verfügbaren Grundlagen verdreifacht. Hierdurch konnte ich über die allgemeine Frage hinaus, ob eine einmalige Düngung der langlebigen Forstpflanzen überhaupt einen praktischen Sinn hat, die besonderen Fragen behandeln, welche Düngungsarten auf den einzelnen Standorten Erfolg versprechen. Teilweise war sogar ein Eindringen in die technischen Einzelheiten der wirtschaftlichen Durchführung dieser Maßnahmen und in die naturwissenschaftliche Begründung möglich.

Unter dem Begriff „Düngung" sind hier nicht nur die Verwendung künstlicher Düngemittel, sondern auch das Auf- und Einbringen organischer Stoffe und die Zuführung von Humus usw. durch kurzlebige oder langlebige Pflanzen (vor allem Leguminosen) zusammengefaßt. Die Untersuchungen zeigten, daß auch der Erfolg der Düngung wie derjenige anderer Maßnahmen auf den einzelnen Standorten ganz verschieden ist. Diese Bedeutung der verschiedenen Wuchsgebiete tritt hier sogar besonders scharf hervor, weil die Düngungsflächen meist auf besonders ungünstigen Standorten liegen, welche die klimatischen und bodenkundlichen Extreme der betreffenden Gegend besonders scharf zur Auswirkung bringen.

Im folgenden wird zunächst eine kurze zusammenfassende Betrachtung der Versuchsergebnisse in den drei Hauptuntersuchungsgebieten, nämlich auf den ostdeutschen Sandböden, den nordwestdeutschen Heideböden und den Fichtenböden der deutschen Mittelgebirge gegeben. Dann werden die Besonderheiten der forstlichen Düngung an einigen Beispielen eingehender besprochen.

a) Zusammenfassende Betrachtung.

Die Versuchsflächen im deutschen Osten liegen meist auf besonders grobkörnigen, humusarmen Sandböden (Kalkgehalt z. B. meist unter 0,05 %), deren Durchlässigkeit die Gefahren des trockenen Klimas steigert. Anbaufähig ist auf diesen Böden meist nur die Kiefer. Die Erfolge aller Maßnahmen sind hier sehr unsicher, weil häufig spätere Schädigungen, z. B. einzelne besonders trockene Sommer, Waldbrände, Befall von Kiefernschütte usw. die Versuchsflächen vernichtet haben oder doch den Düngungserfolg verwischen. Am besten haben sich meist solche Maßnahmen bewährt, welche den Humusgehalt und damit den Wasserhaushalt dieser trockenen Böden verbessern, also vor allem die Einbringung und Aufbringung von Humus (Deckung mit Reisig, Eingraben von Moorerde usw.), sowie die Gründüngung. Ein großer Teil der Gründüngungspflanzen kann allerdings auf diesen trockenen Böden nicht gedeihen, so daß vorwiegend die einjährige gelbe Lupine angebaut wurde. Auch diese Maßnahmen haben in fast der Hälfte aller Versuche infolge der äußeren Gefahren oder übermäßiger Armut des Bodens versagt, überdies wird der eingebrachte Humus in diesen „hitzigen Böden" oft so rasch aufgezehrt, daß eine Dauerwirkung ausbleibt. Von den künstlichen Düngern hat sich vor allem der Kalk und einige Spezialdünger einigermaßen bewährt, so Kalk- und Natronsalpeter sowie Kalimagnesia, das unmittelbar den Chlorophyllgehalt der Kiefernnadeln vermehrt.

Im nordwestdeutschen Heidegebiet ist Humus und Feuchtigkeit meist reichlich vorhanden. Dafür treten hier auf den kalkarmen Böden gerade infolge des ozeanischen Klimas große Schwierigkeiten der Humuszersetzung und außerdem die gefährliche Konkurrenz des Heidekrautes auf. Neben der Kiefer können in diesem feuchten Klima auch auf armen Böden andere Holzarten, Fichte, Douglasie usw. angebaut werden. Auf diesen Standorten haben natürlich die Mittel zur Humusspeicherung keine Bedeutung, und neben

den Kunstdüngern, Kalk, Phosphorsäure usw. wurde zur Anregung der Humuszersetzung auch eine zweckmäßige Bodenbearbeitung viel versucht. Bei der Kiefer hat selbst kräftige Düngung nur ausnahmsweise einen nennenswerten Erfolg erzielt, nur der Voranbau von Lupine hat durch die nötige gründliche Bearbeitung meist gut gewirkt. Bei Fichte und Douglasie hat Kalk und Thomasmehl, teilweise auch Superphosphat langdauernde Wachstumssteigerungen erzielt. Die Wirkung von Kalk ist dabei weniger sicher. Das Wachstum der Jungbuche unter Schirm sowie die Buchennaturverjüngung ist durch Kalkdüngung oft, aber keineswegs immer gefördert worden.

Auf den kalkarmen Böden der deutschen Mittelgebirge sind meist an sich die bodenkundlichen und klimatischen Grundlagen für ein gutes Gedeihen der Fichte gegeben. Es handelt sich also nicht, wie im deutschen Osten, um ein „Minimum" fast aller Wachstumsfaktoren. Dagegen sind viele kalkarme Böden mit ungünstigen physikalischen Eigenschaften (übermäßige Feinkörnigkeit oder übermäßige Grobkörnigkeit) bei langer schlechter Behandlung untätig geworden und tragen dann erstaunlich schlechte Bestände. Die Aussichten einer dauernden Besserung sind hier aber sehr groß, weil es sich nur um die Beseitigung von wenigen ungünstigen Eigenschaften handelt. Dementsprechend hat hier eine sachgemäße forstliche Düngung, welche diese besonderen Schäden zielbewußt bekämpfte, die besten und sichersten Erfolge gehabt, so vor allem die Anregung des Bodens durch Gründüngung, die Kalkung auf der Kahlschlagfläche und im älteren Bestand, sowie die Phosphordüngung, vor allem mit Thomasmehl.

b) Besprechung einiger aufschlußreicher Sonderfälle.

Als Beispiel für die außerordentlich verwickelten Nebenerscheinungen, die eine entscheidende Bedeutung für den Enderfolg haben können, wird die Reisigdeckung auf den armen ostdeutschen Sandböden besprochen. Die Unterlagen stammen teils aus den neuen eigenen Aufnahmen, teils aus einer selbständigen Arbeit von Naumann in den Reisigdeckungsflächen von Lieberose. Das Aufpacken von Reisig auf den Kahlschlägen zwischen den Pflanzenreihen der neuen Kiefernkultur schützt naturgemäß den Boden vor Verdunstung und bringt erhebliche Humusmengen auf die oberen Bodenschichten. Bei Saatkulturen

führen die Reisigwälle zu besonderen Gefahren für die dazwischen stehenden jungen Kiefern, vor allem durch den Schüttepilz. Diese können zu einem Mißerfolg der Reisigdeckung führen. Die gepflanzten Kiefern aber, welche weniger empfindlich gegen diese Gefahren sind, wachsen zwischen den Reisigwällen dank der besseren Versorgung mit Humus und Wasser in den ersten Jahren meist viel besser als in den Vergleichsflächen ohne Reisig.

Die Bodenuntersuchungen zeigen eine in den ersten Jahren wesentliche Erhöhung des Humus- und Wassergehaltes der obersten Schichten. Nach Wurzelgrabungen von Naumann werden die Kiefern gerade hierdurch zu einer außerordentlich oberflächlichen Bewurzelung in diesen verbesserten Schichten veranlaßt, während in den Vergleichsflächen die Wurzeln sofort größere Tiefen aufsuchen, weil hier die einseitige Reizwirkung der obersten Schichten fehlt. Auf solchen Sandböden, deren Feinsandgehalt genügt, um den eingewaschenen Humus des Reisigs dauernd festzuhalten, ergibt sich eine langdauernde Erhöhung der wasserhaltenden Kraft und des Humusgehaltes, so daß noch nach 20 Jahren die Kiefer den Nachbarflächen ohne Deckung im Wachstum wesentlich überlegen bleibt. Auf manchen grobkörnigsten Sanden aber verschwindet der eingewaschene Humus rasch in große Tiefen. Sobald daher nach einigen Jahren das Reisig aufgezehrt ist, führt auf diesen extremen Standorten gerade die anfängliche oberflächliche Wurzelausbildung nun zu schweren Gefahren, weil die flache Wurzel in trockenen Sommern in diesen obersten ausgedörrten Schichten keinerlei Feuchtigkeit findet, während die Anpassung an die veränderten Verhältnisse durch neue tiefgehende Wurzeln längere Zeit dauert. Die Folgen dieser Veränderung für das oberirdische Wachstum zeigt Abb. 11 auf Seite 51.

Gerade die Reisigdeckung zeigt die Wichtigkeit solcher ökologischer Untersuchungen. Denn hier hängt augenscheinlich der Enderfolg von Umständen ab, deren Wirkung von vornherein nicht abzusehen war, deren Kenntnis aber für die praktische Anwendung entscheidende Bedeutung hat.

Besonders sorgfältig ausgebaut ist die technische Durchführung bei dem Anbau der blauen Dauerlupine auf „kranken" Gebirgsböden (57), die vor allem in Ebnath (Fichtelgebirge), aber auch anderwärts zu erstaunlichen Erfolgen geführt hat. Hier waren große Flächen infolge ungünstiger Bodenverhältnisse und langjähriger Freilage als Ödland fast ertragslos geworden. Nach vielen anderen vergeblichen

Besserungsversuchen begann man mit der Einführung der Dauerlupine, anfangs aber mit vollem Mißerfolg, weil sie auf den versauerten Humusböden nicht gedeihen konnte. Schließlich gelang es, diese Schwierigkeiten vollkommen zu überwinden: Der saure Fichtenrohhumus wurde verkauft, die obersten Bodenschichten mäßig gekalkt und grobschollig durchgehackt, und hierdurch der Boden genügend

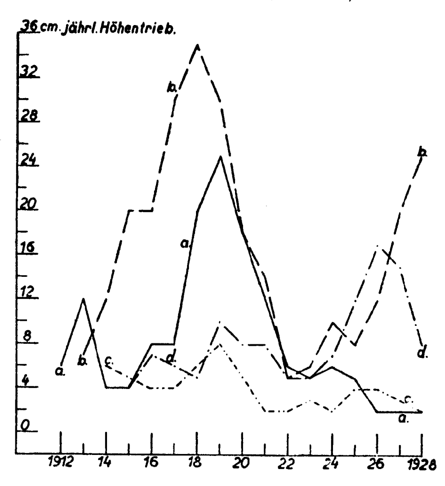


Abb. 11. Das jährliche Höhenwachstum von jungen Kiefern auf ärmsten Sandböden.

a) Kiefer mit Reisigdeckung um 1915. Die sehr gute Anfangswirkung ist um 1921 (Dürre) dauernd zerstört worden. Heutige Trieblänge nur 4 cm.

b) Kiefer derselben Reisigfläche mit guter und dauernder Wirkung des Reisigs. Die Wuchsstockung um 1921 ist wieder überwunden.

c) Schlechte Kiefer einer Vergleichsfläche ohne Reisig. Dauerndes Kümmern ohne die Erholung um 1918.

d) Eine der besten Kiefern der Vergleichsfläche, die sich nach langem Kümmern zeitweise erholt.

entsäuert. Durch Mischung der Dauerlupine mit Besenginster und durch Einzäunung für einige Jahre wurden auch die Jugendgefahren, die von Wild und Frost drohen, überwunden. Dann wurde zwischen den Grünpflanzen sofort Fichte, Kiefer und andere Holzarten angebaut.

Heute sind große Flächen mit üppiger bis 15jähriger Dauerlupine bedeckt. Ihre Wirkung ist nach eingehenden Untersuchungen erstaun-

lich. Die obersten Bodenschichten sind entsäuert, die Dauerlupine hat den Boden wieder stark mit Humus angereichert, und zwar in außerordentlich leicht zersetzlichen Formen. Das Wachstum der Fichte ist bis auf das Dreifache der Vergleichsflächen gesteigert worden und übertrifft auch die gekalkten Flächen ohne Dauerlupine um das Doppelte. Gleichzeitig deckte bei diesem Verfahren der Ertrag für die Bodenstreu und die Baumstöcke die gesamten Kosten der Kultur, und der rasche Ersatz der entzogenen Bodenstreu durch die günstigen Humusabfälle der Lupine gestattete eine einmalige Streunutzung ohne jeden Schaden für Boden und Wachstum. Die Nachahmung dieses Verfahrens in anderen Gegenden hat durchwegs ähnlich gute Erfolge erzielt, so daß hier gerade für schwierige Fichtenböden ein äußerst wertvolles Mittel zur Produktionssteigerung gefunden ist.

Ein anderes Beispiel für die Bedeutung sachgemäßer Düngung sind die Kalkungsversuche in den großen Fichtengebieten auf kalkarmen Böden, auf denen sich während des Bestandeslebens große Mengen von saurem Fichtenhumus aufspeichern. Die — meines Erachtens übertriebene — Befürchtung vor schweren dauernden Schädigungen der Bodenkraft durch den Rohhumus hat zu Vorschlägen geführt, in gefährdeten Gebieten die einfache und ertragsreiche Fichtenkahlschlagswirtschaft aufzugeben und durch weniger ertragsreiche, aber „bodenbessernde" Holzarten oder komplizierte Wirtschaftsformen zu ersetzen.

Auf solchen Böden bei Paderborn haben Forstmeister Kamlah und Hobbeling selbständig große Versuche mit Kalkung der Fichtenstangenhölzer angelegt (5, 44, 66). Deren Aufnahme führte ebenso wie andere ähnliche Versuche zu äußerst günstigen Ergebnissen. Geringe Kalkmengen (etwa unter 20 dz je ha) zwar haben vor allem im Schatten des Bestandes keine erhebliche Wirkung auf die Humuszersetzung. Große Kalkmengen aber entsäuern den Humus und teilweise auch die obersten Bodenschichten in durchaus genügender Weise und führen zu sehr guter Zersetzung. Den Beweis bringt außer den Säuremessungen das plötzliche Auftreten anspruchsvoller Bodenpflanzen und der Nachweis von Nitratstickstoff in großen Mengen. Gleichzeitige Zuführung von Licht durch kräftige Durchforstung und Bearbeitung der Bodendecke steigern den Erfolg noch mehr. Kohlensauer Kalk bleibt (nach anderen Versuchen) in seiner Wirkung auch nach

20 Jahren meist auf die obersten Schichten beschränkt, Ätzkalk entsäuert den Boden allmählich bis 40 cm Tiefe.

Die Kosten starker Kalkung (50 dz je ha) betrugen dort einschließlich Transport und Bodenbearbeitung etwa 130 RM. Sie entsprechen also auf diesen ertragsreichen Fichtenböden nur dem Wert des Zuwachses von 1—2 Jahren und sind daher wirtschaftlich tragbar. Voraussichtlich bietet sich hier ein Mittel, um die ertragsreiche Fichtenwirtschaft auch auf diesen empfindlichen Standorten dauernd ohne Gefährdung der Bodenkraft beizubehalten und so eine der schwierigsten forstlichen Fragen auf einfache Weise zu lösen. Künftige Versuche werden vor allem die Kosten ohne Gefährdung des Erfolges noch weiter senken müssen. Außerdem ist zu untersuchen, ob die außerordentlich starke Anregung der Bodentätigkeit durch diese einmaligen großen Kalkgaben nicht einen Teil der freigemachten Humusnährstoffe ohne Nutzen für den Bestand vergeudet, so daß unter Umständen eine mehrfache Kalkung mit schwächeren Gaben noch günstigere Folgen für den Zuwachs bringen kann.

In einer Anzahl von Versuchen wurden verschiedene Holzarten in einheitlicher Weise gedüngt. Diese Vergleiche geben weit über die praktische Fragestellung hinaus Einblicke in die Standortsansprüche der einzelnen Holzarten und in ihre Art der Auswahl und Ausnutzung der einzelnen Nährstoffe und führen damit in ganz allgemeine ernährungsphysiologische Probleme. Hiernach ist es unmöglich, für die Ansprüche der einzelnen Holzarten an die „Fruchtbarkeit" irgendeine allgemeingültige Staffelung zu finden, weil die verschiedenen Wachstumsfaktoren für die einzelnen Holzarten ganz verschiedene Bedeutung haben. Z. B. versagt die Fichte im trockenen Ostdeutschland selbst auf vielen mittleren und guten Kiefernböden, weil ihre hohen Feuchtigkeitsansprüche nicht erfüllt werden. In Nordwestdeutschland aber versagt umgekehrt die Kiefer infolge des ozeanischen Klimas auch auf besseren Böden, während die Fichte hier dank der hohen Luftfeuchtigkeit oft auch auf armen Sandböden noch sehr gut gedeiht.

Bei den Versuchen mit verschiedener Düngung ergab sich durchweg eine viel größere Empfänglichkeit der Fichte für eine Düngung, vor allem mit Kalk oder Phosphorsäure, als bei der Kiefer. Dagegen ist diese gegen jede äußere Konkurrenz durch Heide, Gras usw. viel empfindlicher. Am besten zeigt diese Unterschiede das folgende Bild aus Munster (Lüneburger Heide). Abb. 12 auf Seite 54.

Das Wachstum der Kiefer ist (bei einheitlicher Bodenbearbeitung) durch die verschiedene Düngung nicht nennenswert beeinflußt, während kräftige Bodenbearbeitung, welche die Heidekonkurrenz für mehrere Jahre zerstört hat, den Wuchs um etwa 30% gesteigert hat. Bei der Fichte und Douglasie dagegen hat kräftige Düngung mit Kalk und Phosphorsäure, die bei der Kiefer erfolglos blieb, das Wachstum um die Hälfte gesteigert. Ebenso verwandeln sich in Ebnath

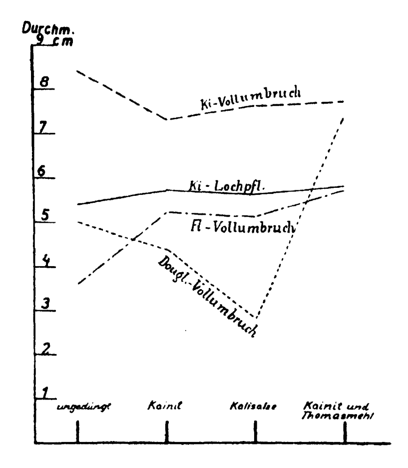


Abb. 12. Der Einfluß der Düngung und der Bodenbearbeitung auf den Durchmesserzuwachs.

Lüneburger Heide (Munster Jagen 60).

Keine Wirkung der Düngung bei Kiefer (horizontaler Verlauf der beiden Kiefernkurven), bessere Wirkung bei Fichte und Douglasie (Thomasmehl). Starke Wirkung der Bodenbearbeitung bei Kiefer, Vollumbruch etwa 8 cm Durchmesser, Lochpflanzung weniger als 6 cm.

die Mischkulturen von Fichte und Kiefer ohne Dauerlupine infolge des völligen Versagens der Fichte und der verhältnismäßig geringen Empfindlichkeit der Kiefer in lückige Kiefernbestände mit einzelnen unterdrückten Fichten. In den Vergleichsflächen mit gelungener Dauerlupine aber werden viele Kiefern durch die üppige Lupine getötet, und das Wachstum der Fichte wird auf das Dreifache gesteigert, so daß hier das Ergebnis fast reine Fichtendickungen mit zurückbleibenden Kiefern sind. Leider ist eine botanisch-physiologische Durcharbeitung dieser Vergleichsversuche, die gerade durch die Möglichkeit unmittel-

barer Vergleiche wertvollste Einblicke in die Ernährungsphysiologie der verschiedenen Holzpflanzen geben könnten, einem Forstmann unmöglich. Meine Versuche, Botaniker zur Mitarbeit an dieser Aufgabe zu gewinnen, sind infolge der Schwierigkeit der Arbeitsmethoden bisher gescheitert.

Zusammenfassung. Die Aufnahme einer großen Zahl langfristiger Düngungsversuche mit Holzpflanzen gibt der Praxis die Möglichkeit, schon heute eine Reihe von Methoden mit großer Aussicht auf Erfolg und ohne übermäßige wirtschaftliche Opfer einzuführen und dadurch gerade einige der schwierigsten waldbaulichen Probleme, z. B. die Verbesserung ungünstiger Fichtenböden, zu lösen. Die genauere Durcharbeitung der Versuche nach der ökologischen Seite gibt Einblicke in das äußerst verwickelte Zusammenarbeiten der Standortsfaktoren auf verschiedenen Standorten.

5. Der Einfluß der Durchforstung auf den Boden.

Die Frage, ob und wieweit durch Veränderung der Bestandesdichte und des Bestandesaufbaues im gleichaltrigen Bestand (Durchforstung und Lichtung) die Produktion gesteigert und der Boden verbessert werden kann, ist gerade in den letzten Jahren viel besprochen worden. Infolge des Mangels an exakten Unterlagen wurden dabei theoretische Betrachtungen in den Vordergrund gestellt. Da aber die verschiedensten bodenkundlichen, klimatischen und ertragskundlichen Einzelfaktoren bei diesem Einfluß der Durchforstung auf Wachstum und Boden in unübersehbarer Weise zusammenwirken, kann diese Frage endgültig nur durch Messungen und Beobachtungen am Objekt gelöst werden. Die beste Grundlage bieten die Versuchsflächen der forstlichen Versuchsanstalten. In diesen sind Teile von ursprünglich gleichen Beständen auf gleichem Standort 40—60 Jahre lang durch verschiedene Art des Aushiebes auf einer ganz verschiedenen Bestandesdichte erhalten worden und zwar unter genauer Messung ihrer Entwicklung während dieser Beobachtungszeit. Da jeder einzelne Stamm numeriert und gesondert gebucht wurde, kann neben der Entwicklung des ganzen Bestandes auch die Entwicklung des Einzelstammes, getrennt nach Durchmesserklassen und Kronenformen, verfolgt werden. Ebenso kann in diesen Flächen heute der Einfluß der verschiedenen Behandlung auf den Bodenzustand festgestellt werden. Da die Vergleichsreihen sich auf die verschiedenen Holzarten und

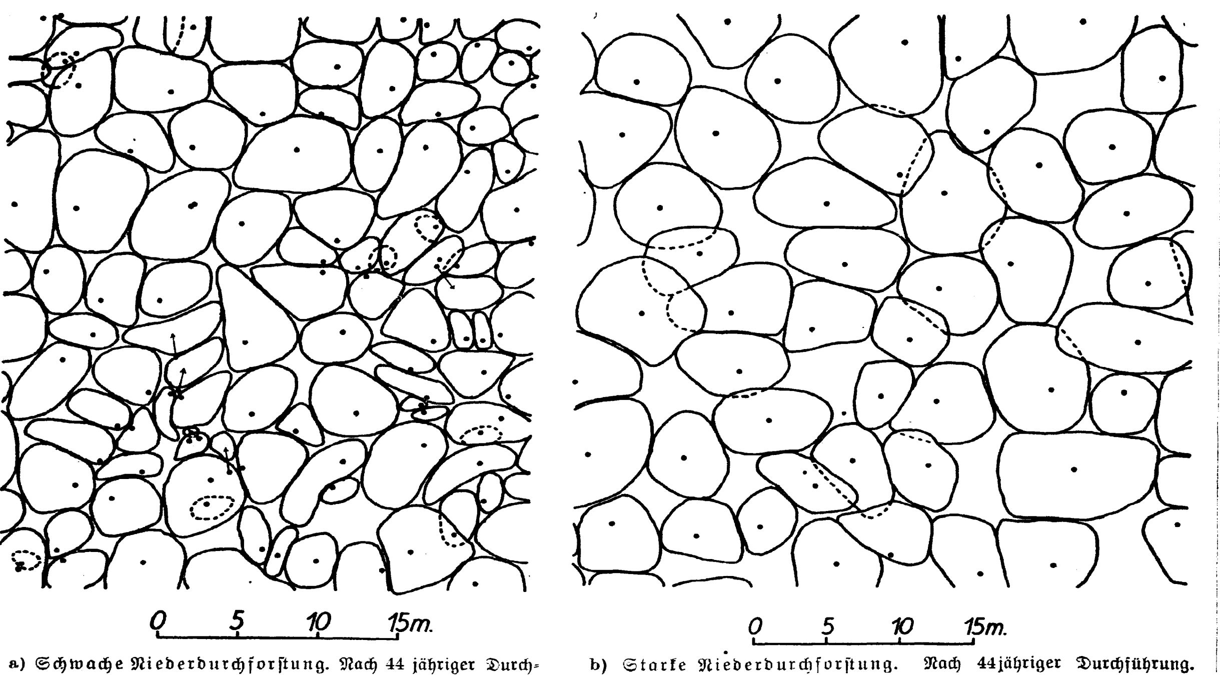
Wuchsgebiete verteilen, ist auch eine gesonderte Betrachtung dieser Sondereinflüsse möglich.

Ich habe in den letzten Jahren in den mir unterstehenden preußischen Versuchsflächen die Folgen der Durchforstung auf das Wachstum eingehend bearbeitet. Zur Ergänzung wurde nun auch der Einfluß auf den Standort eingehend geprüft, und zwar teils mit dienstlichen Mitteln, teils unter Verwendung von Geldern der Notgemeinschaft (11, 16, 29, 30, 39, 43, 67 II. Teil, 68). Den Hauptteil der Untersuchungen führte mein bodenkundlicher Assistent Dr. *Ganßen* mit Unterstützung von jüngeren akademischen Hilfskräften durch. Einige wertvolle Ergänzungen brachten Untersuchungen von Professor *Wittich* (69).

Zur Vermeidung einseitiger Schlüsse mußte ein *sehr großes, statistisch verwertbares Material* gesammelt werden. Daher wurden zunächst nur solche Fragen untersucht, deren Untersuchung an zahlreichen Proben ohne übermäßigen Kostenaufwand möglich war. Nach den bisherigen Ansichten soll eine zweckmäßige Durchforstung vor allem den Boden entsäuern und die Zersetzung des Humus fördern. Daher wurde neben genauen Beschreibungen des äußeren Bodenzustandes, der Bodenflora usw., sowie Aufnahmen der Verteilung der Baumkronen, vor allem der Säuregrad (p_H und Austauschazidität) und der Stickstoffumsatz (Bildung von Nitrat und Ammoniak) untersucht und zwar getrennt für die Humusdecke und verschiedene Tiefen des Mineralbodens. In einigen Flächenreihen wurde außerdem die Verteilung der Wurzeln, sowie der Gang der Temperatur, der Bodenfeuchtigkeit, der Bodenfestigkeit und des Humusgehaltes im Laufe des Jahres 1932 verfolgt.

Der größte Teil der bisherigen Untersuchungen erfolgte in *Buchenbeständen*.

Die zahlreichen kartenmäßigen Aufnahmen der Kronenverteilung (Vertikalprojektion der Kronen auf den Boden) zeigten, daß zwar in den ersten Jahren die Verminderung der Stammzahl auch eine Durchbrechung des Kronendaches erzielte, daß aber schon bald gerade bei der Buche sich die Kronen der verbleibenden freigestellten Stämme so sehr ausdehnen, daß nach vierzigjähriger Durchführung eine Verminderung der Stammzahl auf die Hälfte der Vergleichsfläche nur winzige und nicht eindeutige Veränderungen der von den Kronen *überdeckten Bodenfläche* im Vergleich zu dichten Beständen herbeiführt.



a) Schwache Niederdurchforstung. Nach 44 jähriger Durchführung. Heute je ha 748 Stämme und etwa 680 fm Masse.

b) Starke Niederdurchforstung. Nach 44jähriger Durchführung. Heute je ha 264 Stämme und etwa 360 fm Masse.

Abb. 13. Die Verteilung der Stämme und die Ausdehnung der Baumkronen als Folge verschiedener Durchforstung in einem ursprünglich gleichartigen Buchenbestand, Oberscheld Jagen 18.

Allerdings wird die Verteilung der Kronen völlig verändert, im stammreichen Bestand viele Kronen aller Größen und dazwischen viele, aber kleine Lücken, im stammarmen Vergleichsbestand aber wenige sehr große Kronen mit wenigen, aber großen Lücken. Hiernach bleibt die jährlich auf den Boden fallende Blattmenge trotz der großen Unterschiede der Stammzahl etwa unverändert. Ebenso wird nach Wurzelwägungen im Buchenbestand auch bei starker Durchforstung -- wenigstens auf den bisher untersuchten Lehmböden — der ganze Bodenraum bis etwa 5 m vom Stammfuß noch völlig von Wurzeln durchzogen, so daß die Ausnutzung des Bodens durch die Verminderung der Stammzahl ebenfalls nicht wesentlich verändert wird. Es war nun zu prüfen, ob die großen „Lichtschächte" der stark durchforsteten Fläche die Bodenflora und den Boden in anderer Weise anregen als die vielen kleinen Lücken der schwachen Durchforstung.

Nach den Messungen in etwa 60 Buchenversuchsflächen verändert die starke Durchforstung den Säuregrad und den Stickstoffumsatz durchaus nicht in einheitlicher Weise, sondern der Einfluß ist auf den verschiedenen Standorten verschieden. Zunächst zeigt die Untersuchung, daß auch die Verwitterungsböden sehr kalkreicher Gesteine in den obersten Schichten bisweilen entkalkt und bis auf ein p_H von etwa 4 versäuert sind. Auch bei diesen kalkreichen Böden liefern also die unmittelbar unter dem Humus liegenden Bodenschichten keine wesentlichen Kalkmengen zur Anregung der Zersetzung. Auf Böden, in denen die tiefgehende Buchenwurzel im Untergrund auf kalkreiche Schichten trifft, steigt nach Arbeiten von Krauß der Kalkgehalt der abfallenden Blätter auf das achtfache derjenigen Buchenbestände, deren Boden bis in große Tiefen kalkfrei ist. Schon das Blatt an sich bietet also je nach dem Standort ganz verschiedene Aussichten der Zersetzung. Die Wirkung dieser Unterschiede auf den Boden zeigt sich darin, daß bei großem Kalkgehalt der Blattabfälle die oberste Bodenschicht weniger sauer als die nächst tiefere ist, also vom Buchenblatt günstig beeinflußt wird, bei geringem Kalkgehalt der Abfälle aber noch saurer als die nächst tiefere Bodenschicht.

Auf manchen trägen Böden bleibt der Boden auch bei Verminderung der Stammzahl auf 1/3 noch vollkommen ohne lebende Bodenflora. Die Durchforstung kann also hier im wesentlichen nur durch die zeitweise etwas stärkere Sonneneinstrahlung wirken, während sonstige Nebenwirkungen fehlen. Auf anderen Standorten findet sich bald nach den starken Hieben vor allem auf größeren Lücken eine mehr

oder weniger üppige lebende Bodendecke, die je nach den besonderen Bedingungen aus Heidelbeere, Gras oder Buchenjungwuchs besteht. Diese Pflanzen wirken dann ihrerseits entscheidend auf den Humus und Bodenzustand ein. Dabei steigert im allgemeinen das Gras die Umsetzungsvorgänge, die oberflächlich wurzelnde Heidelbeere aber hat ziemlich ungünstige Einflüsse.

In den kühlen feuchten Gegenden an der Küste und im Gebirge ist von vornherein ein günstiger Einfluß der gesteigerten Sonneneinstrahlung durch die Lichtschächte der starken Durchforstung zu erwarten, in warmen trockenen Gegenden aber sind grundsätzliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Durchforstungsarten wohl nur in Trockenjahren anzunehmen. Schon diese wenigen Hinweise zeigen, daß ein für alle Standorte einheitlicher Einfluß der Durchforstung nicht besteht.

Nach den Säuremessungen ist in vielen Vergleichsreihen der Boden durch die starke Durchforstung überhaupt nicht beeinflußt worden, und zwar einerseits auf ganz armen untätigen Böden, die erst der Kahlschlag nennenswert anregt, andererseits auf manchen sehr kalkreichen Böden, auf denen der Kalkgehalt des Buchenblattes auch im dichten Bestand günstige Zersetzungsbedingungen schafft. Ebenso fehlen Verschiedenheiten des Säuregrades auf solchen Böden, auf denen nach der Lichtung die Heidelbeere oder starke Moosdecken den Boden abschließen. Wo allerdings Verschiebungen des Säuregrades nachweisbar sind, hat durchweg die starke Durchforstung entsäuernd, also günstig gewirkt. Auch in solchen Fällen beschränken sich aber die Wirkungen meist auf die Humusdecke und die obersten 10 cm des Mineralbodens.

Der Stickstoffumsatz wird nach den bisherigen Messungen in den ersten Jahren nach den starken Hieben angeregt. Natürlich werden aber alle leicht löslichen Stoffe, die in dieser Zeit durch diese Anregung freigemacht werden und nicht von den Wurzeln aufgenommen werden, in tiefere Schichten ausgewaschen. Daher haben fast alle stark durchforsteten Flächen nach langer Durchführung in den oberen Bodenschichten einen kleineren Vorrat an leicht löslichen Stickstofformen als die dichten Vergleichsflächen, während das umlaufende Stickstoffkapital unverändert ist. Die starke Durchforstung hat also einen Verlust der oberen Bodenschichten an leicht löslichem Stickstoff gebracht, der allerdings von keiner wesentlichen Bedeutung für die Wuchsleistung zu sein scheint.

Die Einzeluntersuchungen, die den Grund dieser auffallend geringen und unregelmäßigen Unterschiede klären sollten, ergaben folgendes: Da Messungen in planmäßigen Buchendurchforstungsflächen (s. unten) keine deutlichen Bilder gaben, wurde zur Klärung der grundsätzlichen Fragen als Extrem verschiedener Bestandesbehandlungen ein Kiefernbestand gewählt, der teils einen 6 m hohen dicht geschlossenen Buchenunterbau hat, teils aber ohne Buchenunterbau „nur" mit einer etwa 5 cm dicken Schicht von Moos und Heidelbeere überzogen ist. In diesen Vergleichsflächen wurden an sonnigen Tagen verschiedener Jahreszeiten die Bodentemperatur in verschiedenen Tiefen sowie die Bodenfeuchtigkeit, die Bodenfestigkeit, der Humusgehalt usw. verfolgt. In jeder der beiden Flächen war an einer Meßstelle die Bodendecke (Moos bzw. Buchenlaub) entfernt. Siehe Abb. 14 auf Seite 61.

Nach diesen Messungen hat die dünne unscheinbare Moos- und Heidelbeerschicht denselben Einfluß auf die Bodenwärme wie der 6 m hohe Buchenunterbau. Die Meßstellen mit Bodendecke haben in beiden Flächen etwa dieselbe Temperatur des Mineralbodens und zwar in allen Jahreszeiten. Die Entfernung der Bodendecke in dem nicht unterbauten Bestand führt im Sommer zu einer Erhöhung der Temperatur der obersten Bodenschicht um etwa 6°, in dem unterbauten Bestand trotz des schützenden Buchendaches immer noch zu einer Erhöhung um etwa 3°. Diese Unterschiede sind in den obersten Schichten viel schärfer als in 15 cm Tiefe, ebenso natürlich die Schwankungen der Temperatur im Laufe des Tages und des ganzen Jahres. Der rascheren Wärmeaufnahme in den Böden ohne Bodendecke im Sommer entspricht eine raschere Wärmeabgabe im Herbst, so daß ihre Temperaturen dann vielfach unter diejenigen der Stellen mit Bodendecke fallen. Jedoch sind im Winter alle Unterschiede und ebenso die Schwankungen im Laufe des Tages außerordentlich abgemildert. In einer Buchendurchforstungsreihe hat auch Grasfilz und Buchenjungwuchs genau denselben Einfluß auf die Bodentemperatur gezeigt wie in dem obigen Beispiel die Moosdecke.

Dieser außerordentlich starke isolierende Einfluß jeder lebenden oder toten Bodendecke erklärt ohne weiteres, warum diejenigen Veränderungen des Bodens durch die Durchforstung, die mit der Erwärmung des Bodens zusammenhängen, sich auf die Humusdecke und höchstens auf die allerobersten Bodenschichten beschränken. Da die verschiedenen Bodendecken in dieser Richtung ganz einheitlich wirken, beschränken

sich die Unterschiede des Einflusses zwischen den verschiedenen Decken auf ihre sonstigen Wirkungen, die vor allem durch die chemischen Eigenschaften ihrer Abfälle, ihre Wurzelenergie usw. bedingt sind.

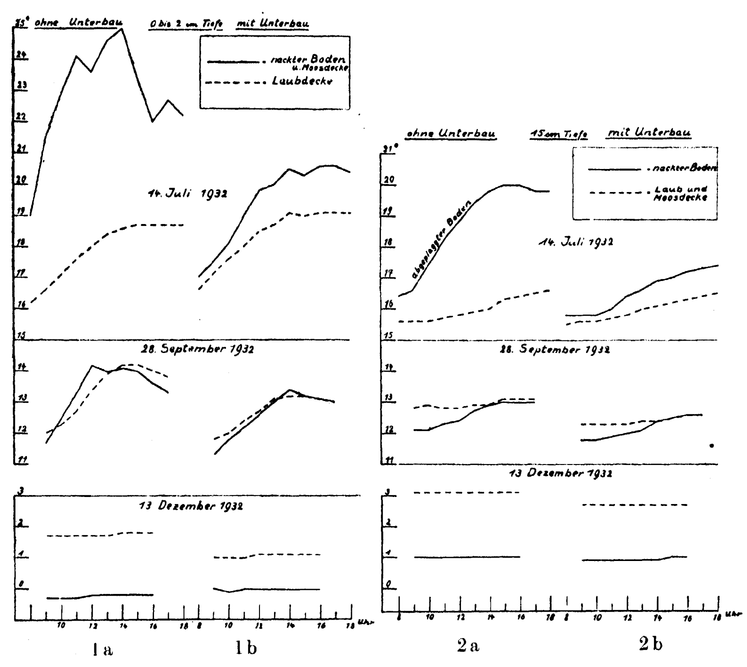


Abb. 14. Die Temperatur des Mineralbodens im Laufe der Tageszeiten und Jahreszeiten in einem Kiefernbestand mit und ohne Buchenunterbau, und zwar in 1 cm Tiefe (1a u. b) und in 15 cm Tiefe (2a u. b).

Die einzelnen Kurven zeigen die Temperaturentwicklung im Laufe eines Tages.

Die waagerechten Linien trennen die Kurven der verschiedenen Jahreszeiten, Meßtage am 14. Juli, 28. September und 13. Dezember.

Die gestrichelten Linien bedeuten die Temperatur der Meßstellen mit der normalen Bodendecke (Moosstreu bzw. Buchenlaub), die durchgezogenen Linien sind die Meßstellen, an denen die Bodendecke entfernt ist.

Die Messungen in einer Buchendurchforstungsfläche mit sehr verringerter Stammzahl zeigten überdies, daß innerhalb der stark durchforsteten Fläche die einzelnen Bodenstellen ganz verschieden erwärmt werden, je nachdem sie unter dem Kronendach, dicht am Stamm oder auf größeren Lücken liegen. Diese örtlichen Unterschiede innerhalb der

stark durchforsteten Fläche sind weit größer als diejenigen zwischen dichten und stammarmen Beständen. Die grundsätzlichen Unterschiede der Durchforstungsgrade werden daher von diesen örtlichen Unterschieden und dem Einfluß der Bodendecke verschleiert.

Feuchtigkeit und Festigkeit des Bodens wurden nur in einer Flächenreihe auf Lehmboden untersucht, und zwar in verschiedenen Jahreszeiten. Die obersten Bodenschichten der starken Durchforstung sind nach den meisten Messungen etwas trockener und fester als in der Vergleichsfläche, dagegen ist in 10—20 cm Tiefe der Boden der stark durchforsteten Fläche lockerer und feuchter, in größeren Tiefen gleichen sich die Werte aus. Diese Unterschiede sind allerdings nicht groß und teilweise unsicher. Nach langer Trockenheit waren beide Flächen (Lehmboden) zementartig verhärtet, wobei alle Unterschiede verloren gingen. Diese Tastuntersuchungen müssen noch in weiteren Flächenreihen wiederholt werden.

Alle diese verschiedenen Grade der Niederdurchforstung entfernen den Unterwuchs und streben ein einstufiges Kronendach von verschiedener Dichte an. Daneben stehen andere Formen der Durchforstung, welche durch Erhaltung der unterwüchsigen Stämme und stärkerer Eingriffe in die herrschenden Stämme das Kronendach staffeln und den ganzen Raum zwischen Baumspitze und Boden mit lebenden Zweigen ausfüllen wollen.

Geiger hat überzeugend nachgewiesen, daß hierdurch eine große Luftruhe und eine Milderung aller Klimaextreme in diesem Luftraum über den Boden geschaffen wird. Andererseits beweisen die oben mitgeteilten Messungen über den Buchenunterbau unter Kiefern, der das Extrem einer solchen Staffelung ist, daß die Wärme im Mineralboden selbst durch einen dichten Unterwuchs nicht stärker beeinflußt wird als durch eine 5 cm dicke Moosdecke. Bei der Hochdurchforstung in reinen Beständen, bei der die obere und untere Etage aus der gleichen Holzart mit der gleichen Art der Blattabfälle und der gleichen Wurzelbildung besteht, wird der Boden auch in anderen Beziehungen hin nicht wesentlich anders beeinflußt wie durch einen einstufigen Bestand.

Zahlreiche Messungen in Buchenbeständen, in denen seit 40 Jahren planmäßig die Hochdurchforstung durchgeführt ist, beweisen, daß der Säuregrad des Mineralbodens derselbe ist wie in einem einstufigen Bestand mit ebenso dichtem Kronendach. Dasselbe zeigte sich auch bei dem Stickstoffumsatz. Bestände, in denen der Unterwuchs nur sehr

locker ist, ergaben etwas günstigere Umsetzungswerte. Im allgemeinen ist also von der Hochdurchforstung keine besondere Besserung des Bodens zu erwarten. In allen Gebieten, in denen der Boden vor

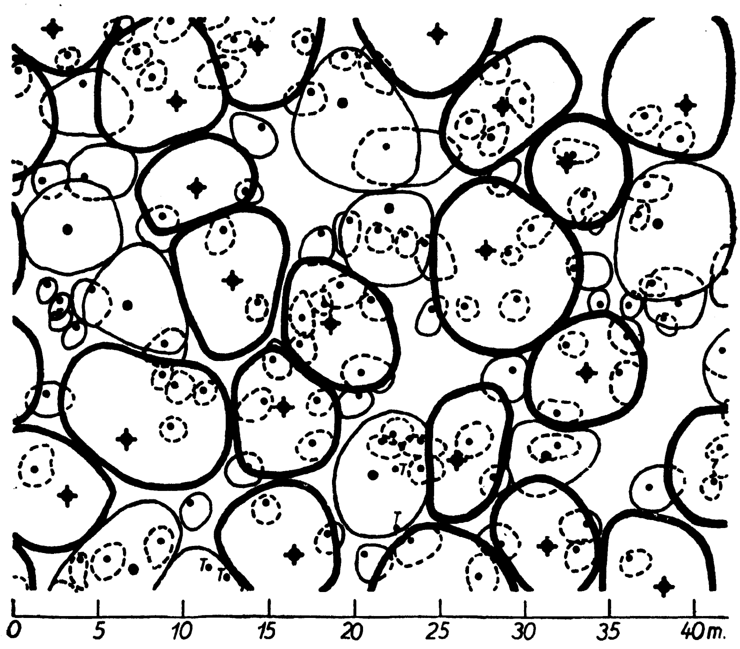


Abb. 15. Die Verteilung der Stämme und die Ausdehnung der Baumkronen nach 40jähriger Durchführung der Hochdurchforstung. Johannisburg Jagen 62.

Die Kronen der von Anfang an sorgfältig begünstigten Zukunftsbuchen sind durch dicke Grenzlinien bezeichnet, ihr Stammfuß durch dicke Kreuze. Die übrigen Buchen (meist unterständig) sind durch dünnere Linien bezeichnet. Soweit Kronen oder Kronenteile des Unterwuchses von herrschenden Kronen überdacht sind, sind sie gestrichelt.

Die gegenwärtige Stammzahl je ha trägt 148 Zukunftsbuchen mit etwa 140 fm und 884 sonstige Buchen mit etwa 70 fm.

allem durch Wärmemangel und Versäuerung bedroht ist, wird sogar eine Entfernung der unteren Etage zur Verstärkung des Sonnenzutrittes in der Regel zu empfehlen sein.

Auch einige ähnliche Untersuchungen des Bodens in Fichtendurchforstungen zeigten keine durchgreifenden Unterschiede des Bodenzustandes. Vor allem ist der Mineralboden auch durch sehr starke

Eingriffe nicht nennenswert verändert. Immerhin ist der Auflagehumus in den stark durchforsteten Flächen fast stets weniger sauer, und auch die Stickstoffumsetzung im Humus scheint hier etwas besser zu sein. Dafür ist anscheinend die Durchwurzelung großer Lücken in den stark durchforsteten Flächen nicht so gut wie in den entsprechenden Buchenflächen. Die Ursache für die verhältnismäßig geringen Einwirkungen der starken Durchforstung liegt wohl in der dicken Decke von Moos oder Heidelbeere, die sich vor allem auf ärmeren Böden einfindet und den Boden ähnlich wie die Fichtennadelstreu der dichten Bestände beeinflußt.

Ergebnis:

Die vorstehenden Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Durchforstung auf den Boden fanden ihre sichere Grundlage in den vergleichenden Durchforstungsversuchen, in denen der Boden unmittelbar benachbarter Flächen viele Jahrzehnte lang unter den Einflüssen ganz verschiedener Durchforstung gestanden hat. Die Arbeiten wurden nach den verschiedensten Richtungen hin ausgebaut, da die Beschränkung der Untersuchung auf einzelne Bodeneigenschaften kein klares Bild versprach. Sie bestätigen teilweise die bisherigen Ansichten, teilweise aber bringen sie grundsätzlich neue Gesichtspunkte. Vor allem zeigt sich die außerordentlich starke isolierende Wirkung jeder lebenden und toten Bodendecke, welche die Wirkung verschiedener Kronendurchbrechung auf den Mineralboden außerordentlich abbremst, und ebenso die Bedeutung der Art und der Menge der lebenden Bodenpflanzen in den stark durchforsteten Flächen, welche für eine etwaige Änderung der Zersetzungsvorgänge entscheidende Bedeutung erlangen. Hierdurch werden alle diejenigen früheren Schlußfolgerungen, welche diese Faktoren nicht berücksichtigen, sondern unmittelbar von der Durchbrechung des Kronendaches Wirkungen auf den Mineralboden ableiten, widerlegt.

Die Arbeiten sollen in den nächsten Jahren fortgeführt werden. Vor allem sollen noch weitere Durchforstungsreihen, besonders in Fichtenbeständen, bearbeitet werden, und auch die Zahl der untersuchten Bodeneigenschaften noch vermehrt werden. Auch die Untersuchungen über den Gang von Wärme, Feuchtigkeit, Zersetzungsgeschwindigkeit usw. im Laufe der Jahreszeiten sollen unter Berücksichtigung von Fichtenbeständen und der eigenartigen nordwestdeutschen Küstengebiete ausgebaut werden.

C. Örtliche Untersuchungen

Die sämtlichen bisher besprochenen Untersuchungen behandelten bestimmte sachliche Fragen in allgemeiner Weise und suchten durch Vergleich der Ergebnisse, welche dieselbe technische Maßnahme usw. unter verschiedenen standörtlichen Bedingungen erzielt hat, die grundsätzlichen Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Neben diesen allgemeinen Fragen wurden auch die örtlichen Sonderverhältnisse von einigen Wuchsgebieten, in denen die Waldwirtschaft infolge des standörtlichen Sondercharakters auf große Schwierigkeiten trifft, nach den verschiedensten Richtungen untersucht. Diese zusammenfassende monographische Bearbeitung der verschiedenen technischen Fragen sollte den Sondercharakter dieser Gebiete genauer erfassen, um so für die örtliche Wirtschaft festere Grundlagen zu schaffen. Einstweilen wurden solche monographischen Arbeiten vor allem auf den ärmsten Sandböden Ostdeutschlands und im nordwestdeutschen Tieflande in Angriff genommen.

I. Die Arbeiten auf den ärmsten ostdeutschen Sandböden.

In Ostdeutschland, vor allem in Niederschlesien und der Lausitz, in der Grenzmark und im südlichen Ostpreußen liegen mehrere tausend Quadratkilometer schlechtester Kiefernbestände, deren Ertrag unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen nicht einmal die baren Ausgaben deckt. Bei der Größe dieser Flächen hat die Entscheidung, ob und wie diese Betriebe wenigstens zu einer bescheidenen Rente gebracht werden können, größte wirtschaftliche Bedeutung für Ostdeutschland. Ein großer Teil dieser Flächen hat jahrhundertelang unter maßloser Mißwirtschaft, vor allem durch stärkste Viehweide, übermäßige Entnahme von Streu, Holz und schließlich auch Entnahme der Heidestreu gelitten.

Zunächst war zu klären, ob vielleicht ein Teil dieser heute trostlosen Bestände nur durch die langjährige Mißwirtschaft so herabgewirtschaftet ist, während sie im Boden — vor allem in seinen tieferen Schichten — noch Reserven haben, deren Nutzbarmachung den Waldertrag entscheidend heben könnte. Weiter mußte untersucht werden, ob auch die ärmsten, „nicht meliorationsfähigen" Böden, die keine solchen Reserven im Untergrund besitzen, doch durch eine Veränderung der Wirtschaft zu höheren Erträgen gebracht werden können. Zu diesem

Zwecke mußten die besonderen Schadenursachen, welche an dem geringen Wachstum schuld sind, isoliert werden, und außerdem alle schon vorhandenen Versuche mit Besserungsmaßnahmen aufgenommen und ausgewertet werden.

Vorläufig konnten in diesem großen Arbeitsgebiet nur Einzeluntersuchungen gemacht werden. Die früher geschilderten Untersuchungen in Schönlanke (22) und ebenso ähnliche Arbeiten von Baron von Kruedener in Bayern (s. S. 116) zeigen, daß tatsächlich erhebliche Flächen dieser schlechtesten Bestände in mäßigen Bodentiefen fruchtbare Schichten haben, also einer Produktionssteigerung fähig sind, deren technische Durchführung allerdings noch umstritten ist. Andere langfristige Versuche beweisen den außerordentlichen Schaden, welchen selbst einmalige völlige Entnahme der Bodenstreu gerade auf diesen ärmsten Böden sowohl im Altbestand wie nach dem Kahlschlag hat. Die Aussichten der verschiedenen Düngemittel wurden schon in dem Abschnitt „Forstliche Düngung" an Hand von über 70 Düngungsversuchsreihen zusammengefaßt (66). Weitere Versuche geben Hinweise auf den Wert verschiedener Bodenbearbeitung und der Beimischung anderer Holzarten. Die tieferen Schadenursachen wurden vor allem durch lange zurückgreifende Untersuchungen (9) des jährlichen Zuwachses an Durchmesser und Höhe unter Vergleich mit der Witterung der einzelnen Jahre und ebenso durch Wurzeluntersuchungen (42) geprüft. Einstweilen genügen die Unterlagen aber noch nicht zu einer zusammenfassenden Bearbeitung, sondern sie sind nur die Grundlage für eingehende Studien, die im nächsten Jahre beginnen sollen.

II. Das nordwestdeutsche Heidegebiet.

Diese Ergebnisse sollen hier eingehender besprochen werden, um an dem Beispiele dieses einen Gebietes zu zeigen, welche wirtschaftliche und wissenschaftliche Erfolge von solchen waldbaulich-standörtlichen Untersuchungen erwartet werden können.

Das hier besprochene nordwestdeutsche Flachland hat seinen besonderen Charakter durch die Eigenart des Standortes und durch die frühere wirtschaftliche Behandlung erhalten. Die Niederschlagsmenge ist zwar abgesehen von einem Streifen an der Küste nicht wesentlich höher als im Inneren Deutschlands, dagegen verbessert die große Luftfeuchtigkeit, die geringere Sommerwärme und die Menge von Nebel und anderen nicht meßbaren Niederschlägen den Wasserhaushalt

außerordentlich. Dies Klima hat auf den großen Flächen kalkarmer und untätiger Sandböden, die sich von Jütland durch den schleswigschen Mittelrücken und die Lüneburger Heide bis nach Holland und Belgien hinziehen, die Humuszersetzung sehr verzögert und so zur Auswaschung und Verarmung der oberen Bodenschicht, oft auch zur Bildung von verfestigtem Ortstein im Untergrunde geführt. Auch die übermäßig feinen „Flottsandböden" sind stark verdichtet und mit Trockentorf überlagert worden. Außerdem hat dies atlantische Klima das Wuchern der Heidelbeere und vor allem der Heide stark begünstigt.

Auch hier ist wie in Ostdeutschland im 17. und 18. Jahrhundert der damals neben großen Heideflächen vorhandene Wald durch maßlose Übernutzung von Holz, Viehweide usw. vernichtet worden, so daß eine einheitliche Heidedecke riesige Gebiete mit verschiedenem Boden überzog. Nach dem Rückgange der Schafzucht wurde vor etwa 70 Jahren in Deutschland und den Nachbarländern an die Aufforstung dieser Heideflächen herangegangen. Nach dem Mißerfolg der ersten einfachen Aufforstungsversuche wurde jahrzehntelang um die zweckmäßigste Methode der Aufforstung und der weiteren Behandlung dieser Aufforstungsbestände gestritten, ebenso um die Bewirtschaftung der noch vorhandenen Waldgebiete, die ebenfalls große Schwierigkeiten machten. Die Hauptfragen waren die Wahl der Holzart und der Rassen bei den einzelnen Holzarten, die Art der Bodenbearbeitung, die Düngung, die Durchforstung usw. Die zahlreichen damals mit verschiedensten Methoden angelegten Versuche gerieten später meist wieder in Vergessenheit.

In den letzten Jahrzehnten hat sich dann immer mehr die Lehre von Erdmann durchgesetzt: Ersatz der „humusmehrenden" Holzarten Kiefer und Fichte durch „humuszehrende" Holzarten, von denen Erdmann Tanne, Lärche und Eiche besonders empfahl, Ersatz des gleichaltrigen Bestandes mit einheitlichem Kronendach durch ein stark gestaffeltes Kronendach, vor allem mit Hilfe von Unterbau und Hochdurchforstung, Beseitigung der Bodenstreu bei der Verjüngung. Erst in den letzten Jahren wurden diese Lehren unter Hinweis auf ungünstige Bilder in verschiedenen Revieren angezweifelt.

Um diese Fragen, die größte wirtschaftliche Bedeutung haben, endlich zu klären, wurden im Einverständnis mit der Notgemeinschaft umfangreiche Arbeiten angesetzt. Ein Teil wurde von mir selbst mit jüngeren Hilfsarbeitern unter gemeinsamer Verwendung dienstlicher

Mittel und von Notgemeinschaftsgeldern durchgeführt. Andere große Fragengebiete wurden in „Gemeinschaftsarbeiten" von anderen Forschern ganz selbständig bearbeitet.

Professor Wittich und Köhn, sowie einige meiner Hilfsarbeiter (27, 38) untersuchten die Frage, ob die Humuszersetzung mehr von den ursprünglichen Eigenschaften des Standortes oder von der darauf stehenden Holzart beeinflußt wird, und wie die Holzart die Bodenfestigkeit (42) und andere Bodeneigenschaften verändert. Ich selbst suchte eine möglichst große Zahl der alten Versuche mit verschiedenen Maßnahmen auf diesen Böden wiederzufinden. Die zahlenmäßige Aufnahme derselben nach verschiedenen Richtungen hin sollte unmittelbar ein Urteil über die Zweckmäßigkeit dieser Maßnahmen und über die Ursachen des verschiedenen Erfolges geben.

1. Wahl der Holzart.

Bei der Auswahl der anzubauenden Holzarten in diesem lange Zeit fast waldlosen Heidegebiet sind vor allem folgende Eigenschaften zu berücksichtigen: Die voraussichtliche Wachstumsleistung, die Sicherheit gegen Gefahren, die Wurzelbildung, der Einfluß auf den Humus und den Bodenzustand.

a) Bestandsuntersuchungen.

Für die Ertragsleistung müssen nach zahlreichen Vergleichsflächen drei grundsätzliche Zonen unterschieden werden: In der südlichen küstenfernen Zone, zu der z. B. die Lüneburger Heide gehört, gedeiht die Kiefer auf gutem Boden einigermaßen, die Fichte läßt infolge ungenügender Niederschläge im Wachstum nach. In der mittleren Zone versagt die Kiefer wegen des übermäßig atlantischen Klimacharakters, alle feuchtigkeitsliebenden Holzarten aber gedeihen auch auf mäßigen Böden gut. In einigen Teilen endlich (vor allem im nördlichen Schleswig) schädigt der Seewind eine ganze Reihe von empfindlichen Holzarten entscheidend, so daß nur die windfesten Holzarten anbauwürdig bleiben.

Fast im ganzen Gebiet, mit Ausnahme des Südens, zeichnen sich die Fichte, Sitkafichte, Douglasie und die japanische Lärche durch vorzügliches Wachstum aus. Auch die Tanne hat bis vor kurzem recht Gutes geleistet. Die Laubhölzer, vor allem Eiche und Buche, bleiben

auf diesen Sandböden im Gegensatz zu den kalkreichen Mergelböden, wie sie z. B. in Ostholstein vorliegen, meist weit zurück. Die Kiefer ist nur im Südteil konkurrenzfähig. In Neumünster (Mittelschleswig) hat in einer Versuchsreihe die Fichte etwa die doppelte Masse, die Sitkafichte sogar die dreifache Masse des Mischbestandes von nordischer Kiefer und Birke geleistet. Ebenso bleibt in Flensburg die einheimische Eiche und Buche weit hinter der japanischen Lärche, der Fichte und der Sitkafichte zurück. Fast überall fällt das gute Wachstum von entsprechend ausgewählten ausländischen Holzarten im Vergleich zu den einheimischen Laubhölzern auf.

Für viele Holzarten ist die gute, klimatisch bedingte Wasserversorgung so wichtig, daß die übrigen Standortsansprüche, wie sie die Wissenschaft unter normalen Standortsbedingungen festgelegt hat, durchaus verschwinden. Z. B. gedeiht hier die Fichte auf armen Heidesanden, auf denen sie im trockenen Ostdeutschland vollkommen versagen würde. Das beste Beispiel für diese grundlegenden Veränderungen aller Wachstumsbedingungen ist wohl ein 50jähriger Sitkafichtenbestand in der Oberförsterei Schleswig. Dieser steht auf 30 cm Bleichsand mit einer vollkommen undurchdringlichen Ortsteinschicht. Er hat eine etwa 20 cm tiefe Auflagehumusschicht aufgehäuft, in der fast seine ganze Bewurzelung hinläuft. Während aber nach den allgemeinen Ansichten der Bodenkunde ein solcher Boden fast ertragslos sein müßte, gehört dieser Bestand zu den wüchsigsten Versuchsbeständen von ganz Preußen mit über 20 fm jährlichem Zuwachs je ha. Augenscheinlich genügt der Auflagehumus dank der reichlichen Feuchtigkeit zur Befriedigung aller Ansprüche.

Neben der Auswahl der Holzart spielt hier auch die Rassenfrage eine erhebliche Rolle. Vor allem bei der Kiefer wurden in Schleswig nach dem Versagen der anfangs angebauten Kiefern, die aus dem trockenen Innerdeutschland stammten, lange Zeit Kiefern aus Skandinavien angebaut und vergleichende Versuche mit den verschiedensten Kiefernrassen vor 20 Jahren angelegt (65). In diesen haben sowohl die mitteldeutschen wie die nordschwedischen Kiefern vollkommen versagt. Am besten wuchsen die südschwedischen Kiefern, deren Heimat dem Anbauort Schleswig am nächsten liegt, und auffallenderweise auch die ostpreußische Kiefer. Diese stammt aus ganz anderen klimatischen Verhältnissen, sie hat sich aber auch in anderen Versuchen als sehr unempfindlich gegen die Verpflanzung in anderes Klima gezeigt. Auch diese bestwüchsigen Kiefernrassen bleiben allerdings in

dem windgefährdeten Schleswig weit hinter der Fichte und anderen Holzarten zurück.

Gerade unter diesen extremen Standortsbedingungen spielt die Empfindlichkeit gegen Gefahren eine entscheidende Rolle neben derjenigen Ertragsleistung, die bei normalem Wachstum erzielt wird. Auf die Gefahren, welche das atlantische Klima in großen Teilen dieses Gebietes für die Kiefer verursacht, wurde schon hingewiesen. Die Douglasie und die japanische Lärche sind infolge der Weichheit der Nadeln und Triebe vor allem in Nordschleswig so schwer durch den Seewind gefährdet, daß sie in allen ungeschützten Lagen ihre Vorwüchsigkeit vor der Fichte und Sitkafichte vollkommen einbüßen, oft sogar schon in der Jugend getötet werden (66). Eine weitere schwere Gefahr ist auf den großen Aufforstungsflächen der Frühlingsfrost (Spätfrost), der vor allem die Eiche, Tanne und Buche oft vernichtet hat, während dieselben Holzarten unter dem Schirm der Kiefer, der sie gegen die Witterungsextremen schützt, auf dem gleichen Boden gut gedeihen.

Die Tanne hatte bis vor etwa 10 Jahren, abgesehen von diesen Frostschäden und dem Wildverbiß, meist recht gute Leistungen, so daß Erdmann sie mit an die erste Stelle seines Verbesserungsprogrammes stellte. Inzwischen haben Krankheiten, vor allem eine vernichtende Epidemie von Rindenläusen und Nadelläusen (Dreyfusia Nüsslini und piceae), in Kulturen außerdem eine Tannenwurzellaus (wahrscheinlich Prociphilus Poschingeri) die Tanne sehr schwer geschädigt. Nach umfassenden Aufnahmen ist selbst von den herrschenden älteren Tannen in vielen Beständen bis zur Hälfte aller Stämme im Absterben, und von dem hoffnungsvollen Tannenunterbau in Erdmannshausen (35) ist wenigstens die Hälfte durch Läuse, daneben durch Wild und Frost aufs schwerste geschädigt. Ebenso ist die Strobe, die früher in großem Umfange angebaut war, einigen Krankheiten, vor allem dem Blasenrostpilz und einer Rindenlaus, größtenteils erlegen. Von der Douglasie sind einige Rassen in den letzten Jahren durch eine neu eingeschleppte Nadelschütte getötet worden, gerade die wüchsigen Küstenrassen aber haben sich bisher durchaus gesund erhalten.

Besonders wichtig erscheint diese Unsicherheit des künftigen Gedeihens bei der japanischen Lärche, die vom basenreichen Eruptivboden der japanischen Gebirge in dieses klimatisch und bodenkundlich ganz abweichende Gebiet versetzt wurde. Diese wächst in der Jugend meist besser als alle anderen Holzarten, vielleicht mit Aus-

nahme der Sitkafichte, und hat auf besseren Böden diese Wuchskraft bis heute beibehalten. Gerade in den letzten Jahren mehren sich aber bei ihr die Klagen über Seewindschäden, ungenügende Standfestigkeit, frühzeitige Kernfäule usw.

Im ganzen warnen diese vielen Krankheiten, die schon bei mehreren Holzarten anfängliche große Hoffnungen haben scheitern lassen, davor, irgendeine Holzart einseitig zu bevorzugen, und führen zu einer Verteilung des Risikos durch Anbau von verschiedenen ertragskundlich und waldbaulich befriedigenden Holzarten.

Die Bewurzelung hat natürlich großen Einfluß auf die Sturmfestigkeit und auf die Ausnutzung des Bodens, gleichzeitig aber auch auf die Erhaltung des Bodens in lockerem Zustande. Die Arbeiten über diese Frage sind erst im Anfang.

In Rabattenkulturen von Flensburg (6) hat der außergewöhnlich günstige Zustand des übersandeten Humus die Wurzeln aller Holzarten gleichmäßig in dieser übersandeten Schicht festgehalten. In den feinkörnigen Flottsandböden mit unterlagerndem Mergel oder Kies von Erdmannshausen hat die Tanne weitaus die größte Energie, auch durch die ungünstigen Schichten hindurch in die Tiefe zu dringen. Die Eiche und noch mehr die japanische Lärche bleiben hier mehr in den oberen einigermaßen günstigen Schichten, während die Fichte und vielfach auch die Kiefer in diesem Boden ganz oberflächlich wurzeln. Auf besseren lockeren Sandböden (Neumünster) wurden auch bei Fichte und Sitkafichte tiefer greifende Herzwurzeln gefunden. In den Heidesanden der Lüneburger Heide fiel in Bestätigung früherer Arbeiten auf, daß die Eiche große Bodenschichten, vor allem auch den Bleichsand und die verfestigte Orterde gleichmäßig durchwurzelt und lockert, während die dicht daneben stehende Kiefer zwei Wurzeletagen, nämlich dicht unter der obersten Humusschicht und dicht über der nährstoffreicheren Orterdeschicht bildet, den dazwischenliegenden Bleichsand aber nicht ausnutzt. Die Fortsetzung dieser Wurzeluntersuchungen verspricht wertvolle Ergebnisse.

b) Der Einfluß der Holzarten auf den Humuszustand. Von Professor Dr. Wittich.

Untersuchungen über die Frage, welchen Einfluß die verschiedenen Holzarten bzw. Holzartenmischungen auf den mikrobiologischen Zustand des Bodens ausüben, waren für Nordwestdeutschland

besonders dringend. Denn es handelt sich hier um ein Gebiet, in dem auf Grund der Standortsverhältnisse (stark gealterte Böden, ozeanisches Klima) häufige und schwere Bodenerkrankungen vorkommen, gegen die als wichtigste Vorbeugungs- und Bekämpfungsmaßnahme die Erziehung von Beständen bestimmter Holzartenzusammensetzung gefordert wird. Da über die Rolle der einzelnen Holzarten in dieser Hinsicht aber durchaus keine einheitliche Auffassung besteht und die geforderte Umstellung der Wirtschaft zudem wegen der finanziellen Belastung und der Unsicherheit der Wirkung auf starken Widerstand stößt, so war eine Klärung dieser Fragen durch biologische Untersuchungen dringend notwendig. —

Es wurde versucht, die für Nordwestdeutschland wirtschaftlich wichtigsten Holzarten und Holzartenmischungen in ihrem Einfluß auf den biologischen Zustand des Bodens unter möglichst verschiedenen Standortsverhältnissen miteinander zu vergleichen. Dabei machte sich der Mangel an geeigneten Beständen sehr störend bemerkbar. Denn es ist nur in Ausnahmefällen möglich, die verschiedenen Einzelfaktoren, die die Komplexwirkung der Holzart in biologischer Hinsicht bestimmen, zu isolieren und dadurch in ihrem Einfluß gesondert zu erfassen. Denn zufällig in diesem Sinne differenzierte und doch gleichzeitig vergleichsfähige Bestände sind außerordentlich selten. Man mußte sich vielmehr im wesentlichen darauf beschränken, den Einfluß der Holzart als K o m p l e x w i r k u n g zu erfassen. —

Demgegenüber gingen die parallel laufenden Untersuchungen von Professor Dr. Köhn darauf hinaus, die spezielle Frage zu lösen, wieweit der verschiedene Einfluß, den die einzelnen Holzarten auf den biologischen Zustand des Bodens ausüben, in der chemischen Zusammensetzung der Laub- und Nadelstreu (Förna) begründet ist. —

Bei der Untersuchung des biologischen Bodenzustandes wurden grundsätzlich nur Holzarten und Holzartenmischungen miteinander verglichen, die nebeneinander auf völlig g l e i c h e m S t a n d o r t stocken. Nur dadurch war es möglich, die zwischen den verschiedenen Bestandesarten bestehenden Unterschiede zu erfassen. Denn es ergab sich, daß der biologische Zustand des Bodens unter einer bestimmten Holzart je nach dem Standort in weiten Grenzen schwankt. So findet man beispielsweise, daß der Auflagehumus eines Fichtenbestandes auf basenreicher, jungdiluvialer Endmoräne im östlichen Holstein etwa die zehnfache Umsetzungsstärke und nur $^{1}/_{20}$ der Wasserstoffionenkonzentration (Weiser der Bodenversäuerung) aufweist wie Humus eines gleichalten

Fichtenbestandes der stark gealterten, mit Flottsand überlagerten Endmoräne des Warthestadiums. Es ergab sich weiterhin, daß eine ausgesprochen günstige Holzart bzw. Holzartenmischung auf armem Standort einen sehr viel schlechteren Bodenzustand aufweist als die ungünstigsten Holzarten auf gutem Boden. Es ist danach durchaus verständlich, daß in Gebieten wie Nordwestdeutschland, in denen ungünstige Standorte gehäuft auftreten, auch günstige Holzarten wie etwa die Buche, unter denen man auf normalem Standort einen ausgezeichneten biologischen Bodenzustand anzutreffen gewohnt ist, zu Trockentorfbildnern werden müssen. Daraus — wie man das getan hat — abzuleiten, daß etwa die Buche in diesem Gebiet eine physiologisch grundsätzlich andere Wirkung ausübe, ist nicht einwandfrei und, wie sich weiterhin zeigte, auch falsch. Es handelt sich lediglich um durch den Standort bedingte, *graduelle* Unterschiede in der absoluten Höhe der Werte, während der *relative* Einfluß der Buche auf den biologischen Zustand des Bodens — bezogen auf den der anderen Holzarten — durchaus derselbe ist wie anderswo. —

Im Interesse einer möglichst knappen Darstellung des Stoffes wurde versucht, die in den zahlreichen Versuchsreihen gewonnenen Einzelergebnisse zusammenzufassen. Bei einer vorläufigen Anordnung der Ergebnisse nach Standortstypen zeigte sich, daß zwar die obsolute Höhe der Werte nach dem Standort außerordentlich starke Unterschiede aufweist, daß aber das *relative Verhältnis der einzelnen Holzarten* bzw. Holzartmischungen unabhängig vom Boden *überall dort ungefähr gleich* war, wo *eine stärkere, den Bodenzustand aktiv beeinflussende Bodenflora fehlte*. In allen anderen Fällen — das gilt vor allem für die Reinbestände von Lichtholzarten, unter denen eine starke Bodenvegetation die Regel ist — wechseln die Verhältnisse je nach dem Charakter dieser Flora und, da diese wiederum entscheidend durch den Standort bestimmt wird, auch nach den Standortseigenschaften.

Für die erste Gruppe, die *Bestände ohne stärkere Bodenflora*, konnte unter diesen Umständen eine weitere Zusammenfassung der Werte unabhängig vom Standort vorgenommen werden. Dabei wurden für die Gegenüberstellung von zwei Holzarten bzw. Holzartenmischungen stets gleichviele und gleichzeitig nur auf demselben Standort nebeneinanderliegende Bestände zu einem Durchschnitt zusammengefaßt, so daß man bei der einzelnen Holzart zwar ganz verschiedene

Standorte vorfindet, aber genau dieselben Böden wie bei der zum Vergleich herangezogenen Bestandesart. Durch diese völlige Ausschaltung des Standortes war es möglich, die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen Holzarten und Holzartenmischungen so scharf zu erfassen, daß nicht nur Unterschiede zwischen zwei jeweils miteinander verglichenen Holzarten hervortraten, sondern daß das hinsichtlich jedes einzelnen Faktors (Stickstoffmobilisierung, CO_2-Entwicklung, Wasserstoffionenkonzentration, Austauschazidität) gefundene Verhältnis zwischen den einzelnen Holzarten ungefähr mit dem übereinstimmte, was sich auf Grund der zahlreichen Vergleiche dieser Holzarten mit anderen und dieser wiederum untereinander ergab. Die Beziehungen sind auffallend scharf. Nur in besonders gelagerten Ausnahmefällen, wenn einer der verschiedenen, die Komplexwirkung bestimmenden Faktoren einseitig nur bei einer der gegenübergestellten Holzarten durch die besonderen Umstände beeinflußt wird, treten Abweichungen auf. So kann, um ein Beispiel herauszugreifen, die Tanne auf einem verdichteten Flottsandboden mit untergelagertem kalkreichen Geschiebelehm dadurch eine vom normalen Verhältnis abweichende starke Überlegenheit gegenüber der Fichte erzielen, daß sie dank ihrer größeren Wurzelenergie bis zum Geschiebelehm vordringt und dadurch eine kalk- und pufferreiche Förna zu bilden vermag, während die Fichte ausschließlich im armen Flottsand wurzelt und dadurch relativ ungünstige Abfallstoffe liefert. Doch handelt es sich hier um Ausnahmen, die das Gesamtbild nicht stören. Einige der wichtigsten Holzarten und Holzartenmischungen, unter denen man infolge der natürlichen Beschattung eine stärkere Bodenvegetation nicht vorzufinden pflegt, sind in ihrem Verhältnis zueinander in der nachfolgenden Figur dargestellt. Abb. 16 auf Seite 77.

Im Gegensatz zu dieser Gruppe sind Bestände mit starker Bodenflora, in erster Linie also Bestände von Lichtholzarten, in ihrem Einfluß auf den Bodenzustand durchaus wie Mischbestände zu werten, wobei der Charakter der Flora für die Beurteilung der Mischung von entscheidender Bedeutung ist. Quantitative Untersuchungen ergaben, daß die durch die Bodenflora jährlich gelieferten Förnamengen durchaus dem Blattabfall einer starken Laubholzbeimischung entsprechen können. Dies gab Veranlassung, die Förna einer größeren Zahl von wichtigen Bodenpflanzen auf ihren Kalk- und Puffergehalt zu untersuchen, wobei sich charakteristische Unterschiede ergaben.

Die Bodenflora ist durchaus nicht nur als Indikator zu werten, sondern sie übt anscheinend einen stark aktiven Einfluß in biologischer Hinsicht aus. So kann beispielsweise eine Himbeer- oder Süßgrasflora auch unter einer schlechten Holzart relativ günstige Verhältnisse schaffen, während umgekehrt eine ungeeignete Bodenflora unter einer guten Holzart, etwa Beerkraut unter Eiche, einen ungünstigen Einfluß ausübt. Da unter solchen Beständen der biologische Bodenzustand nicht nur absolut, sondern auch relativ — in seinem Verhältnis zu anderen Bestandesarten — je nach dem Charakter der Bodenvegetation in weiten Grenzen schwankt, so sind diese Bestände nur im Zusammenhang mit der Bodenflora und damit wiederum dem Standort zu bewerten. Eine bestimmte Abstufung dieser Holzarten gegenüber denen der ersten Gruppe ist aus diesem Grunde nicht möglich. Denn durch die Untersuchungen wird nur die kombinierte Wirkung der Bodenflora und der sonstigen Faktoren, die je nach den örtlichen Verhältnissen verschieden stark wirksam sind, erfaßt.

Um den Einfluß der Förna dieser Lichtholzarten auf den Humuszustand gesondert zu erfassen, wurden die Veränderungen im biologischen Zustand untersucht, die durch die Einmischung solcher Holzarten zu einer anderen, ihrem biologischen Charakter nach bekannten Schattholzart, die das Aufkommen der Bodenflora verhindert, hervorgerufen werden. Auch dabei ergab sich ein gleichmäßiges Bild, so daß eine ungefähre, wenn auch natürlich keine zahlenmäßig genaue Abstufung gegenüber den anderen Holzarten möglich war.

Im ganzen ergaben die Untersuchungen einen sehr scharfen Unterschied zwischen Laubholz einerseits und Nadelholz andererseits. Bisher galt für Nordwestdeutschland etwa folgende Reihenfolge der Holzarten nach dem Grade ihrer Bodenpfleglichkeit: Lärche, Lichtlaubhölzer, Douglasie, Roteiche, Tanne, Buche, Kiefer, Fichte. Diese Klassifizierung, bei der Laub- und Nadelhölzer in bunter Reihenfolge rangieren, ein Nadelholz, die Lärche, als angeblich bodenpfleglichste Holzart, sogar an erster Stelle steht, ist nicht aufrechtzuerhalten. Die biologisch günstigste Nadelholzart, die Douglasie, ist noch immer erheblich ungünstiger zu beurteilen als die ganz zu Unrecht als Trockentorfbildner verrufene Buche. Völlig falsch eingeschätzt wurde auch die Lärche, die als angeblich stärkster Humuszehrer neuerdings in größtem Umfang zur Sanierung des Bodens angebaut wird. Tatsächlich handelt es sich um eine in biologischer Hinsicht aus-

gesprochen schlechte Holzart, die im Durchschnitt nicht günstiger zu beurteilen ist als die Fichte. Nur auf Böden mit flachanstehenden, nährstoffreichen Schichten, auf denen die Reinbestände mit ihrem starken Lichteinfall eine günstige Bodenflora aufkommen lassen, ist die Lärche dank des Einflusses dieser Vegetation überlegen. Ihre Streu aber ist ausgesprochen ungünstig. Das tritt sehr scharf hervor, wo sie Laubholz beigemischt ist und sie unter dem Einfluß ihrer Förna den biologischen Zustand des Bodens je nach dem Grade der Beimischung mehr oder minder stark verschlechtert.

Wir müssen umdenken lernen. So dürfen wir nicht mehr die Lärche der Buche beimischen in dem Gedanken, dadurch den angeblich schlechten biologischen Bodenzustand zu verbessern, sondern wir müssen umgekehrt die Buche der Lärche beimischen, um unter dieser biologisch nicht ganz ungefährlichen Holzart einen erträglichen Bodenzustand zu schaffen. Auch die Weißtanne, die ebenfalls von Natur aus in Nordwestdeutschland nicht vorkommt, deren Anbau man aber aus dem gleichen Grunde wie den der Lärche in großem Maße betreibt, ist ungeeignet. Denn sie bildet einen ähnlich schlechten Trockentorf wie Fichte und Lärche. Die anderen einheimischen Holzarten wurden annähernd richtig eingeschätzt. Nur die Kiefernförna ist noch schlechter zu beurteilen, als man dies bisher getan hat. —

Die günstige Wirkung einer Holzartenmischung tritt scharf hervor, vor allem dort, wo durch Einmischung von Schatthölzern zu Lichtholzarten, beispielsweise von Buche zur Eiche, das Aufkommen einer ungünstigen Bodenvegetation, etwa der Heidelbeere, verhindert wird. Aber auch in anderen Fällen wirkt sich die Mischung von geeigneten Holzarten günstig aus. Diese günstige Wirkung beruht einmal auf der Beeinflussung des Bestandesklimas, womit wiederum die Frage der Bodenvegetation aufs engste zusammenhängt, und zweitens auf der Verbesserung des Gesamtcharakters der Streu durch Beimischung einer günstigen Förna zu einer weniger günstigen. Für die übliche Annahme aber, daß der biologische Zustand des Bodens um so besser sei, je mehr Holzarten an einer Mischung beteiligt sind, ließ sich kein Anhalt finden. Es scheint vielmehr gleichgültig zu sein, ob man zwei biologisch ungefähr gleichwertige Lichtholzarten mit zwei in sich ebenfalls gleichartigen Schatthölzern mischt, oder ob sich diese Mischung nur aus je einer Licht- und einer Schattholzart zusammensetzt. Das Wesentliche ist, daß die Mischholzarten sich gegenseitig so

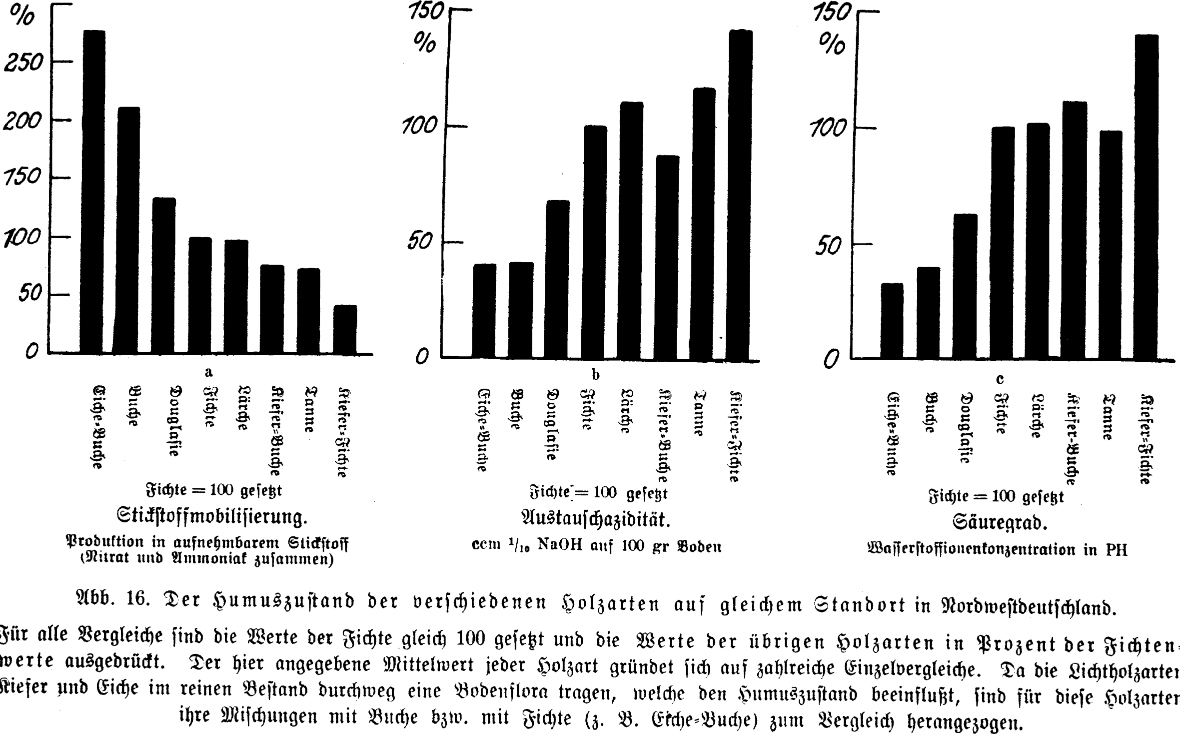


Abb. 16. Der Humuszustand der verschiedenen Holzarten auf gleichem Standort in Nordwestdeutschland.

Für alle Vergleiche sind die Werte der Fichte gleich 100 gesetzt und die Werte der übrigen Holzarten in Prozent der Fichtenwerte ausgedrückt. Der hier angegebene Mittelwert jeder Holzart gründet sich auf zahlreiche Einzelvergleiche. Da die Lichtholzarten Kiefer und Eiche im reinen Bestand durchweg eine Bodenflora tragen, welche den Humuszustand beeinflußt, sind für diese Holzarten ihre Mischungen mit Buche bzw. mit Fichte (z. B. Eiche-Buche) zum Vergleich herangezogen.

ergänzen, daß die im Reinbestand hervortretenden ungünstigen Einflüsse dadurch beseitigt oder gemildert werden. —

Die Untersuchungen behandelten nur ein Teilgebiet der die Gesamtbedingungen der nordwestdeutschen Waldwirtschaft umfassenden Arbeit der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt. Von der Aufstellung bestimmter Wirtschaftsregeln, für die der Einfluß der Holzart in biologischer Hinsicht nur ein bestimmendes Moment ist, wurde deshalb Abstand genommen. —

c) Ergebnis. Von Professor Wiedemann.

Das Urteil der Praxis kann nicht auf einzelnen Eigenschaften, sondern nur auf der Gesamtheit aller wichtigen Eigenschaften der verschiedenen Holzarten aufbauen. Die Ertragszahlen zeigen eine so große Überlegenheit einiger Nadelhölzer, vor allem der Fichte, der Sitkafichte und der japanischen Lärche, daß ihr Anbau auch künftig nicht vernachlässigt werden darf. Selbst wenn die Bodenkraft durch diese Holzarten gefährdet sein sollte, erscheint es daher doch wirtschaftlich, trotzdem sie nicht grundsätzlich aufzugeben und lieber einen Teil der Mehrerträge, die sie im Vergleich zu den „bodenpfleglichen Holzarten" geben, wieder für die Erhaltung der Bodenkraft durch technische Maßnahmen zu verwenden, vor allem für Kalkdüngung, Bodenbearbeitung, Mischung usw. Dieser Entschluß ist um so leichter, als durch die eingehenden Untersuchungen von Wittich die bisherigen Behauptungen von einer besonders ungünstigen Wirkung der Fichte auf den Humuszustand im Vergleich zur japanischen Lärche und Tanne widerlegt wurden. Bei Kiefernanbau wird man den drohenden Bodenschaden durch Beimischung der Buche oder anderer humusverbessernder Holzarten abmindern können, falls nicht eine günstige Bodenflora auch im reinen Bestand für Erhaltung des Bodenzustandes sorgt. Auf jeden Fall geben die bisherigen umfassenden Untersuchungen keinen Hinweis für eine vollkommene Umstellung der Holzarten, wohl aber für eine vorsichtige Verteilung des Risikos auf verschiedene Holzarten unter gleichmäßiger Berücksichtigung der Wachstumsleistung, der Sicherheit und des Einflusses auf den Boden.

d) Mischbestand.

Bei der Beurteilung des Mischbestandes treten dieselben Fragen hervor wie bei dem Vergleich der einzelnen Holzarten. Auf den

Humuszustand wirkt in der Regel die Beimischung einer Holzart mit leicht zersetzlichen Abfällen zu einer solchen mit schwer zersetzlichen Abfällen günstig, wenigstens wenn sich im Reinbestand keine günstige Bodenflora ansiedelt. Viel schwieriger wird die Beurteilung, sobald im Reinbestand starke Bodenflora auftritt, vor allem also bei den Lichthölzern Kiefer, Lärche und Eiche. Denn nach den obigen Untersuchungen von Wittich haben die verschiedenen — standörtlich bedingten — Pflanzenarten, vor allem Heidelbeere und Gras, ganz verschiedenen Einfluß auf den Boden. Hierdurch kann ein reiner Kiefernbestand mit starker Grasdecke auf den Boden günstiger wirken als eine Mischung der Kiefer mit Buche, welche die Bodenflora fernhält.

Der Massenertrag wird durch die Mischung im allgemeinen nicht verringert, wenn die Mischholzarten ungefähr gleiches Höhenwachstum haben und auch im Konkurrenzkampf gleichwertig sind, z. B. die Fichte, die Lärche und die Sitkafichte, weil dann auch der Mischbestand lange Zeit in gleichmäßiger Kronenspannung und voller Ausnutzung des Kronenraumes hochwächst. Wenn aber geringwüchsige Holzarten mit weit vorwüchsigen Holzarten gemischt werden, z. B. Eiche mit Fichte oder japanischer Lärche, so ist nach den Versuchsflächen der Ertrag je ha sehr gefährdet. Denn die mattwüchsigen Holzarten werden dann meist allmählich erdrückt, so daß fast produktionslose Lücken entstehen. Auch die dazwischen stehenden vorwüchsigen Holzarten können oft trotz des guten Zuwachses des Einzelstammes doch diesen Ausfall nicht voll ersetzen, außerdem werden sie durch die freie Stellung viel ästiger als im dichten Schluß, so daß vielfach der Preis nicht mehr dem erhöhten Durchmesser entspricht. Hierdurch wird die Behandlung solcher Mischbestände zu einer der schwierigsten, oft unlösbaren Aufgaben.

2. Der Einfluß des Kahlschlages.

Die Einwirkung des Kahlschlages auf den Bodenzustand ist schon in Abschnitt B III 1 unter besonderem Hinweis auf die Untersuchungen von Wittich in Nordwestdeutschland besprochen worden (69). Wie dort mitgeteilt, führt der Kahlschlag auch in diesem Wuchsgebiet im allgemeinen zu einer gesteigerten Zersetzungstätigkeit im Auflagehumus und zu einem allmählichen Ersatz der Heidelbeere durch Gras und andere, die Zersetzung fördernde Pflanzen. Infolge des ungünstigen

Klimas sind aber die Zersetzungsvorgänge viel träger als in den warmen östlichen Gebieten. Vielfach wird noch eine erhebliche Auflagehumusschicht in den heranwachsenden neuen Bestand übernommen. Auf ärmeren Böden löst oft die Heide schon nach wenigen Jahren die Gräser ab und führt dann zu recht ungünstigen Verhältnissen.

3. Die Bodenbearbeitung auf der Ödlandsfläche bzw. Kahlschlagfläche.

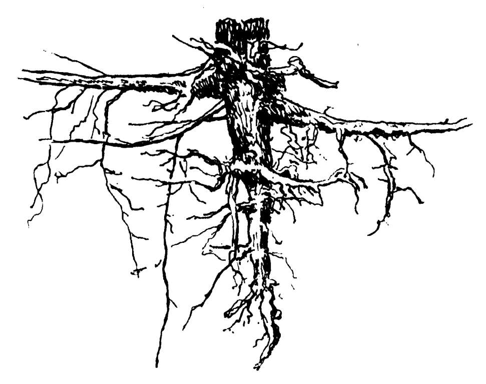
Die Frage der zweckmäßigsten Bodenbearbeitung ist seit vielen Jahrzehnten umstritten und durch zahlreiche Versuchsflächen nachgeprüft worden, deren Besichtigung und Aufnahme jetzt wertvolle Aufschlüsse gibt. Dabei sind grundsätzlich die armen Heidesandböden und die feuchteren, mit Gras oder Heidelbeere bedeckten Böden zu unterscheiden.

1. Auf den armen Heidesandböden, die meist nur eine geringe Schicht Auflagehumus tragen, ging der Kampf darum, ob die ganze Fläche oder nur Streifen und Plätze bearbeitet werden sollten, sowie um die Tiefe der Bearbeitung, wobei teils nur der Heidehumus flach abgeschält, teils aber der verfestigte Untergrund mit schweren Pflügen durchbrochen wurde. Dieser Tiefumbruch mit Dampfpflügen wurde vor allem in der Lüneburger Heide lange Zeit durchgeführt. Die Besichtigung zahlreicher Flächen, die teils ganz flach, teils tief gepflügt sind, zeigten keinen eindeutigen Unterschied des Kiefernwachstums.

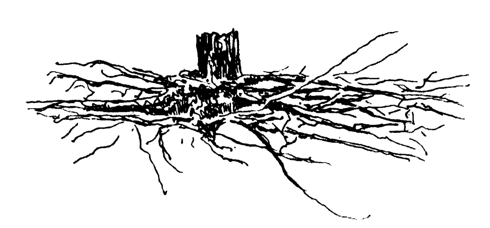
Besonders klare Ergebnisse bringt ein 50jähriger Kulturversuch in einem Kiefernbestand mit 16 verschieden bearbeiteten Parzellen in Örrel. Hier sind alle Parzellen mit Vollumbruch der ganzen Fläche ohne Rücksicht auf die Tiefe der Bearbeitung gut gediehen, diejenigen mit streifen- oder plätzeweiser Bearbeitung aber bleiben weit zurück. Vor allem ist ihre Stammzahl nur $^1/_5$ der Vollumbruchflächen. Die Ursache des verschiedenen Erfolges liegt augenscheinlich nicht in der verschiedenen Lockerung des Untergrundes, sondern darin, daß der Vollumbruch die Heidekonkurrenz auf längere Zeit hinaus zerstört und gleichzeitig die Zersetzung des Heidehumus anregt. Wie stark diese vorübergehende Verbesserung die Ernährungsbedingungen der Kiefer für das ganze Leben verändert hat, zeigten Wurzelgrabungen.

Die schwächlichen, von dem Heidekraut bedrängten Kiefern der Flächen mit plätzeweiser Bodenbearbeitung haben meist ganz ober-

flächlich verlaufende Wurzeln. Die unmittelbar benachbarten Kiefern der Vollumbruchflächen aber sind teilweise in den Untergrund über 1 m tief eingedrungen und haben dadurch eine viel größere Versorgungsgrundlage. Dabei ist besonders hervorzuheben, daß die Tiefe der Bearbeitung dieselbe, also ohne Einfluß auf die Wurzel-



a) Kiefer aus Fläche mit früherem Vollumbruch des Bodens.



b) Kiefer aus Vergleichsfläche mit früherer platzweiser Bearbeitung des Bodens.

Abb. 17. Die Bewurzelung von 50jährigen Kiefern auf gleichem Standort als Folge verschiedener Bodenbearbeitung vor 50 Jahren. Lüneburger Heide, Orrel Jagen 256.

tiefe war. Denselben Erfolg des Vollumbruchs auf das Wachstum brachten auch andere Versuche. Z. B. hatte in Munster verschiedene Düngung (66) überhaupt keinen Einfluß auf die Höhe der heute 20jährigen Kiefern, Vollumbruch aber hat die Höhe auf das $1^1/_2$fache der streifenweise bearbeiteten Vergleichsflächen gesteigert.

2. Während diese Kiefernböden vorwiegend trockene Sandböden mit verhältnismäßig geringem Auflagehumus und meist fast reiner Heide-

decke sind, haben viele andere Böden, vor allem in der Nähe der Küste oder Böden mit hohem Grundwasser sehr mächtige Auflage-humusdecken und eine große Neigung zur Vergrasung. Hier fanden sich früher große, fast baumlose Grassteppen, auf denen die üblichen Methoden der Bodenbearbeitung versagten. Die Bodenbearbeitung war durch Grasfilz und Nässe äußerst erschwert, bei streifenweiser Abräumung des Auflagehumus standen die Pflanzen in tiefen Gräben zwischen den Humuswällen, und außerdem war die Graskonkurrenz und ihre Folgeerscheinungen, bei der Kiefer vor allem der Schüttepilz, bei der Fichte der Spätfrost, übermächtig.

Hier gelang es, durch Auswerfen tiefer Gräben in 4—8 m Abstand und Aufwerfen des ausgehobenen Bodens oben auf den Auflagehumus der Zwischenstreifen, „Rabattenkulturen", den Holzpflanzen einen hohen Stand und für die ersten Jahre auch Schutz vor dem Gras zu geben. Der Erfolg ist bei allen Holzarten glänzend (6, 14). Die Stammzahl ist oft 5mal so hoch wie in den benachbarten gewöhnlichen Kulturen, die infolge der vielen Nachbesserungen trotz billiger Erstanlage doch ebenfalls erschreckend teuer waren. Trotz dieses Erfolges konnten die Rabattenkulturen der hohen Kosten wegen nicht dauernd durchgeführt werden.

Etwa vor 40 Jahren begann dann Oberforstmeister von Oertzen in Gelbensande, einem Revier nahe der Ostseeküste mit ähnlichen Verhältnissen wie diese nordwestdeutschen Standorte, mit „Übersandungskulturen". Er verzichtete auf die tiefen teuren Gräben und deckte etwa 80 cm breite Streifen nach Entfernung des Grasfilzes mit einer nur etwa 4 cm dicken Sanddecke, die oben auf den Auflagehumus geworfen wurde. Die Kosten einschließlich der Kiefernsaat sind nicht teurer als bei anderen Kulturen auf diesen Böden. Der Erfolg nach 40jähriger Durchführung ist ebensogut wie bei den Rabatten. Die Kiefernsaaten haben ohne jede Nachbesserung dichte und astreine Bestände gegeben, während sonst auf diesen Böden die Kiefer kaum hochzubringen ist und infolge der vielen Fehlstellen nur grobes ästiges Bauholz liefert.

Zunächst machen diese Flächen es wahrscheinlich, daß auch der ähnliche Erfolg der Rabatten nicht in der Wirkung der tiefen Gräben, sondern in der Übersandung des Auflagehumus lag. Die Decksandschicht gibt der Kiefer ein gutes Keimbett und, da sie oben auf dem Humus liegt, auch einen erhöhten Standort und großen Schutz vor Gras und Schütte. Gleichzeitig schützt diese Sanddecke auch den unter-

liegenden Humus vor den Extremen der Witterung. Nach Messungen von Professor Wittich (70) ist der Zersetzungszustand und der Säuregrad auf solchen Standorten, auf denen der freiliegende Auflagehumus sich gut zersetzt, in dem übersandeten Auflagehumus meist nicht verschlechtert, auf solchen Standorten, wo der freiliegende Auflagehumus durch zeitweise Austrocknung leidet, ist der übersandete Humus sogar in viel besserem Zustand. Die Standorte mit sehr feinkörnigem, zur Verdichtung neigendem Obergrund bedürfen noch einer Sonderuntersuchung.

Die Kiefernwurzel (6) dringt schon im ersten Jahre durch die Sanddecke in den stets feuchten Humus ein und bleibt dann dauernd fast ausschließlich in diesem, ohne in tiefere Schichten einzudringen. Trotz dieser flachen Bewurzelung sichert der günstige Humuszustand ihr ein dauerndes vorzügliches Gedeihen. Nach den Zuwachsmessungen wächst die Kiefer schon nach etwa 3 Jahren über die Graskonkurrenz hinaus (7), schützt mit 7 Jahren den Boden vor der Sonne und läßt bis zum 40. Jahre in ihrem Wachstum noch nicht nach. In anderen ähnlichen Versuchen haben auch die „empfindlichen" Holzarten Tanne und Buche noch 30 Jahre nach der Übersandung ihre Wurzeln ausschließlich im Auflagehumus und gedeihen trotzdem vorzüglich.

Dieses Übersandungsverfahren überwindet meines Erachtens dank seiner vorzüglichen Anpassung an die örtlichen Gefahren und Ernährungsmöglichkeiten eine der schwierigsten waldbaulichen Aufgaben mit ganz einfachen technischen Mitteln ohne übermäßige Kosten, ähnlich wie ich es am Beispiel der Gründüngung in Ebnath für ganz andere Verhältnisse gezeigt habe. Da fast alle Rabattenkulturen auch in Nordwestdeutschland einen ähnlichen Erfolg hatten, scheint mir die Übertragung der Übersandungskultur auf viele übermäßig vertorften Böden dieses Gebietes unbedingt empfehlenswert, mindestens zunächst in Großversuchen.

3. Auf die sehr erfolgreichen Versuche von Hassenkamp, auf ähnlichen Böden durch Feldzwischenbau und Abbrennen des Rohhumus billige gute Kulturen zu erzielen, sei hier nur hingewiesen.

4. Forstmeister Erdmann hat auf den sehr feinkörnigen Flottsandböden, die sehr starke Auflagehumusschichten aufweisen, den Humus in etwa 2—3 m breiten Streifen abgeräumt und, da er nicht verkäuflich war, dazwischen auf Wälle aufgehäuft. Die Saaten mit Buche, die er auf diesen freigelegten Mineralböden machte, gediehen durchweg sehr gut. Heute sind die Trockentorfwälle noch fast

in alter Stärke erhalten. In den sehr dichten Buchenjungwüchsen haben sich ebenfalls wieder erhebliche Humusschichten angesammelt, die aber meist noch in gutem Zustande sind. Wo der Unterbau mit Tanne geschah, ist der Erfolg oft viel schlechter (35). Eingehendere Untersuchungen über dies Verfahren wurden bisher nicht in Erdmannshausen, sondern in einigen Gebirgsrevieren mit ähnlichem Klimacharakter gemacht (5, 44, 66). Hiernach ist der Humuszustand der alten Humuswälle auch nach längerer Zeit unverändert. Die Holzpflanzen aller Art gehen mit ihren Wurzeln nach Möglichkeit in diese Humusbalken hinein und haben ein viel besseres Wachstum als diejenigen Pflanzen, welche in der Mitte der Streifen stehen und den Humus nicht erreichen können. Am auffälligsten ist dieses bei solchen Fichtenkulturen, bei denen die vom Humus befreiten Streifen über 10 m breit sind. Hier haben die fern vom Humuswall stehenden Fichten nur $^1/_3$ der Höhe derjenigen Pflanzen, die unmittelbar neben den Humuswällen erwachsen stehen. Gerade dies Beispiel zeigt besonders klar die düngende Wirkung des Fichtenrohhumus.

Ergebnis: Diese Bodenbearbeitungsversuche geben eine Reihe von äußerst wichtigen Grundlagen für die Praxis. Vor allem zeigen die Unterschiede von streifenweiser Bearbeitung und Vollumbruch im Heidegebiet und die Übersandungskulturen auf vergrasenden Böden mit Trockentorf Wege, um ohne übermäßige Kosten sicherere Erfolge als bisher zu erzielen. Naturgemäß müssen auch diese Untersuchungen noch wesentlich ausgebaut werden.

4. Die Düngung.

In Nordwestdeutschland konnten 22 alte Düngungsversuchsreihen mit fast 200 Parzellen aufgenommen werden, in denen alle möglichen Arten der künstlichen Düngung, daneben auch Gründüngung, Feldzwischenbau und verschiedene Bodenbearbeitung erprobt wurden. Besonders wertvoll sind diese Versuche dadurch, daß in einem Teile der Flächen dieselben Düngungen in Parallelreihen mit verschiedenen Holzarten durchgeführt sind. Das unmittelbare Ergebnis ist, wie schon im allgemeinen Abschnitt „Düngung“ mitgeteilt, daß in Kiefernkulturen selbst starke Düngung mit Kalk, Thomasmehl oder Kali auf die Dauer das Wachstum meist nicht eindeutig beeinflußt, während gründliche Heidebekämpfung und Bodenbearbeitung, wie oben gezeigt, die Höhe oft um 50% steigert. Bei der

Fichte dagegen und in geringerem Umfange auch bei der Douglasie sind noch nach 20 Jahren sehr erhebliche Erfolge der künstlichen Düngung meßbar, nämlich Steigerungen der Massenleistung bis um 50%, wenn auch nicht in allen Flächenreihen.

Die Düngung von älteren Beständen, die durchweg mit Kalk ausgeführt wurde, zeigte bei der Kiefer in allen Versuchen keine eindeutige Wachstumssteigerung. Auch Unterbau von Buche und Tanne in älteren Kiefernbeständen wird durch die Kalkung überraschend wenig, in vielen Fällen nicht gefördert, und zwar auch in solchen Versuchen, in denen die Bodenuntersuchung noch nach 20 Jahren eine starke Entsäuerung und Anreicherung mit Kalk ergab. In anderen ähnlich gedüngten Unterbauflächen sind freilich sehr gute Erfolge vorhanden. Augenscheinlich wird also der Erfolg von nicht geklärten örtlichen Sonderbedingungen entscheidend beeinflußt. In ähnlicher Weise ergaben auch starke Kalkdüngungen mit gleichzeitiger Bodenbearbeitung, die zur Förderung der natürlichen Verjüngung in Buchenbeständen vorgenommen wurden, in einigen Fällen hervorragende Erfolge, in anderen trotz mehrfacher Wiederholung gar keine Erfolge.

5. Die Durchforstung.

Die Frage, ob und wieweit durch eine Verminderung der Stammzahl und eine Auflockerung des Kronendaches, evtl. auch durch eine Gliederung des Kronendaches in eine obere und untere Etage die Bodentätigkeit angeregt werden kann, spielt gerade auf diesen untätigen nordwestdeutschen Standorten eine sehr große Rolle, vor allem in den Schattholzbeständen von Fichte oder Buche. Daher sind in den letzten Jahren zahlreiche Versuchsreihen angelegt worden. Diese können aber erst nach einigen Jahren einwandfreie Ergebnisse bringen.

Nach den bisher vorliegenden Einzelbeispielen (5, 11) hat manchmal ein sehr scharfer Eingriff auch im Fichtenwald die Zersetzung des Rohhumus angeregt, in anderen Fällen aber nicht. Ähnliches ergab sich auch in einigen Buchenverjüngungsflächen. Auf den verschiedenen Standorten ist aber augenscheinlich eine ganz verschiedene Lichtmenge, schwankend von der kräftigen Durchforstung bis zum Kahlschlag, nötig, um die Zersetzung in Gang zu bringen und um die Entwicklung einer Bodenflora zu ermöglichen. Dabei ist die auftretende Bodenflora je nach den Standorten sehr verschieden, bald Heidelbeere, bald Gras

oder Moos. Bei der ganz verschiedenen Einwirkung dieser Bodenpflanzen kann auch der Einfluß der Durchforstung auf den verschiedenen Böden nicht einheitlich sein, selbst in den Fällen, in denen überhaupt eine Veränderung des ursprünglichen Zustandes eintritt. Gerade diese Durchforstungsfrage soll in den nächsten Jahren unter Beifügung von Wärme- und Feuchtigkeitsmessungen eingehend bearbeitet werden.

Erdmann hat sich sehr für eine Hochdurchforstung eingesetzt, d. h. für einen mäßigen Eingriff in die höchsten Stämme unter Erhaltung aller unterwüchsigen Stämme, um dadurch die Luftruhe im Bestand zu erhalten. Exakte Vergleiche des Erfolges mit anderen Verfahren liegen bisher nicht vor. Nachdem aber in diesem Klimagebiet der Zutritt der Sonnenwärme augenscheinlich die Humuszersetzung in entscheidendem Maße begünstigt, scheint mir dies Verfahren, das die Sonne vom Boden absperrt und die abfallenden Nadelmassen noch erhöht, nicht an die dortigen Klimabedingungen angepaßt zu sein.

6. Zusammenfassung.

Ich habe diese Untersuchungen in Nordwestdeutschland eingehender besprochen. Denn sie zeigen besonders klar, wie verwickelt die Zusammenhänge sind, die sich in den Begriffen „forstlicher Standort“ und „Einfluß der Holzart und der Wirtschaftsmaßnahmen auf die Standortsfaktoren“ zusammenfinden. Außerdem hat gerade in diesem Gebiet die Zusammenfassung der praktischen Erfahrungen, die in den zahlreichen langfristigen Versuchsflächen vorliegen, mit der naturwissenschaftlichen Tatsachenuntersuchung verschiedenster Art und die gemeinsame Tätigkeit mehrerer selbständiger Forscher mit verschiedenen Gesichtspunkten schon in diesen wenigen Jahren die Klärung der grundsätzlichen Fragen erheblich gefördert und eine ganze Reihe der bisher gültigen Glaubensmeinungen widerlegen oder zu festen Tatsachen ausbauen können.

Meines Erachtens kann ein Teil der Ergebnisse schon heute zu einer wesentlichen Verbesserung der praktischen Wirtschaft in diesem Heidegebiet dienen, vor allem die Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen Holzarten und Bodenpflanzen auf den Bodenzustand, die Bodenbearbeitungsversuche in der Kiefernheide und in den feuchteren Gebieten sowie der

Nachweis, daß selbst eine mäßige Kalkdüngung noch nach 20 Jahren ihre Wirkung auf die oberen Bodenschichten nicht verloren hat. Gerade die gleichzeitige Bearbeitung der verschiedensten Teilfragen hat die Einzeluntersuchungen vielfach in sehr erfreulicher Weise ergänzt und verbunden und dadurch schon heute einen gewissen Abschluß ergeben. Außerdem sind diese Ergebnisse eine Plattform für weitere feinere Untersuchungen. Vor allem erscheinen bodenklimatische Untersuchungen, Wurzeluntersuchungen und eine eingehende Bearbeitung der Durchforstungsfrage nötig, sowie eine Sonderuntersuchung der mit starkem Ortstein unterlagerten Sandböden.

III. Bodenuntersuchungen in einzelnen Waldgebieten.

Im Anschluß an die im Abschnitt B I geschilderten grundsätzlichen Untersuchungen über den Einfluß, den die verschiedenen Eigenschaften von Klima und Boden auf die Wuchsleistung von Kiefer und Fichte und ebenso auch von anderen Holzarten ausüben, ist in einzelnen Waldgebieten eine planmäßige Untersuchung der Bodenverhältnisse durch zahlreiche Tiefbohrungen bis 4 m Tiefe eingeleitet worden. Hierdurch soll zunächst der Praxis die Auswertung der gesammelten allgemeinen Ergebnisse über die Beziehungen von Boden und Wachstum ermöglicht werden. Bisher fehlten in fast allen preußischen Waldgebieten Untersuchungen über den Untergrund, und auch die Bohrungen der Geologischen Landesanstalt beschränken sich durchwegs auf 2 m Tiefe, erfassen also nicht den ganzen Baumwurzelbodenraum. Diese neuen Tiefbohrungen sollen nun für die einzelnen Gebiete wenigstens in großen Zügen Hinweise geben, ob z. B. an Stelle der Kiefer voraussichtlich auch andere Holzarten, z. B. die Eiche, angebaut werden können, ob auf Böden, die heute nur grobes Bauholz erzeugen, bei sorgsamer Bestandspflege auch wertvolle Schneidehölzer zu erhoffen sind, ob evtl. eine Umwandlung einzelner Waldteile in Acker zweckmäßig ist usw. An Hand dieser neuen Ergebnisse, die natürlich mit Bestandsmessungen verbunden werden, sollen auch die in Abschnitt B I besprochenen allgemeinen Ergebnisse über die Beziehungen von Standort und Wachstum geprüft und verfeinert werden. Endlich haben diese Messungen auch allgemeines unmittelbar wissenschaftliches Interesse für die Kenntnis des geologischen Aufbaues dieser Gebiete. Bis-

her konnten bei der Fülle anderer Aufgaben nur einige Gebiete bearbeitet werden.

Das bekannte Kiefernbauerwaldrevier Bärenthoren bei Dessau sollte nach den früheren Angaben durchweg auf ganz dürftigem trockenem Hochflächensand liegen, wobei der Untergrund keine Unterschiede in der Wachstumsleistung bedingen sollte. Die damals errechnete erstaunliche Wuchsleistung und die hervorragende Kiefernnaturverjüngung sollte ausschließlich durch die besonderen Maßnahmen der „Dauerwaldwirtschaft" hervorgerufen sein.

1932 wurden von Dr. Ganßen und zwei Forstbeflissenen etwa 150 4 m tiefe Bohrungen über das Revier verteilt (12). Hiernach lagert die Hochfläche im Ostteil des Reviers tatsächlich auf mächtigen Schichten von grobem Sand. Dieser ist aber ebenso wie in einem Teil der Nachbarreviere von einer etwa 50 cm mächtigen, sehr humusreichen und feinsandreichen Schicht überlagert, welche die Wasserwirtschaft des Bodens weit über andere Sandböden mit ähnlichem Untergrund hebt und die Naturverjüngungsfreudigkeit durchaus erklärt (s. Abschnitt B III 2). Im tief gelegenen Westteil des Reviers tritt Geschiebelehm und Grundwasser nahe an die Oberfläche und gibt dem Boden einen grundsätzlich anderen Charakter, während die Hänge zwischen diesen Teilen eine bunte Übereinanderlagerung verschiedenartiger Sande mit kiesigen und lehmigen Adern darstellen, die teilweise einen recht erheblichen Kalkgehalt haben. Durch diese Untersuchung bekommen alle Erörterungen über die Bärenthorener Wirtschaft eine ganz neue Beleuchtung.

Die Untersuchungen in Schönlanke, wo unter den schlechtesten Kiefernbeständen, die durch Mißwirtschaft früherer Jahrhunderte devastiert sind, teilweise in mäßiger Tiefe Lehm oder andere günstige Schichten lagern, wurden schon in Abschnitt B II besprochen (22).

Nach etwa 50 Bodenbohrungen im Ostteil der Landsberger Heide besteht das im Südosten gelegene Sandgebiet, wie erwartet, vorwiegend bis in große Tiefe aus reinem Sand mit einzelnen kiesigen Schichten (18). Der nordöstliche Teil aber, wo bisher unter den hervorragenden Eichen- und Kiefernbeständen Geschiebelehm in geringer Tiefe vermutet wurde, hat nur an einzelnen Stellen Geschiebelehm. Ein großer Teil dieser besten Bestände steht vielmehr auf mächtigen grobsandigen oder kiesigen Schichten, deren Kalkgehalt nur teilweise erheblich ist. Die Eiche hat überdies gerade hier vielfach recht flache Wurzeln. Ihr vorzügliches Gedeihen auf diesem Boden,

das ich auch auf anderen ähnlichen Standorten bestätigen konnte, wirft ein neues Licht auf ihre Standortsansprüche.

Weitere ähnliche Arbeiten in Nordwestdeutschland (14, 72) sowie über die Ursachen, welche das verschiedene Gedeihen der Eiche in den Oderauen bei Breslau (47) und das Versagen der Erle in manchen Bruchböden bei Spandau (8) klären sollten, seien nur erwähnt.

Diese örtlichen Bodenuntersuchungen sollen wegen ihrer besonderen praktischen Bedeutung in den nächsten Jahren besonders gefördert werden. Vor allem ist die Aufnahme einzelner Gebiete im nordwestdeutschen Tiefland und in den schlechtesten ostdeutschen Kiefernwaldungen beabsichtigt.

D. Untersuchungen von Sonderfragen.

I. Das Tannensterben.

Meine Untersuchungen über Waldkrankheiten haben natürlich nicht die naturwissenschaftlichen Spezialfragen behandelt, sondern einerseits die Zuwachsverluste, welche durch irgendwelche Schädigungen, z. B. den Eulenfraß, erwachsen sind, andererseits suchte ich durch besondere Untersuchungen des Wachstums usw. auch die Schadenursachen bisher ungeklärter Krankheiten soweit zu klären, daß die Arbeiten der Spezialforscher möglichst erleichtert wurden. Hier soll von diesen Untersuchungen nur das Tannensterben besprochen werden.

Die Weißtanne (Abies pectinata) ist seit Urzeiten in großen Gebieten von Deutschland heimisch, und zwar gedeiht sie von der oberen Grenze des Weinbaugebietes bis in die höheren Gebirgslagen und ebenso bis in die kalten Gebiete von Oberschlesien fast gleich gut und hat sich auch bei künstlichem Anbau in Nordwestdeutschland, der Eifel, Dänemark usw. anfangs durchaus bewährt. Seit mehreren Jahrzehnten häufen sich aber die Klagen über ein Absterben oder schweres Kränkeln der Tanne. In den zuerst erkrankten Gebieten von Sachsen und Thüringen gilt sie heute schon als verlorene Holzart. Heute erstreckt sich die Krankheit in verschiedener Stärke fast über das ganze Tannengebiet von der Schweiz bis Oberschlesien und Dänemark.

Die Ursache der Krankheit wurde ohne besondere Untersuchungen in den einzelnen Gegenden in ganz verschiedenen örtlichen Erscheinungen gesucht, im Erzgebirge z. B. im Aufblühen der Industrie mit ihren

schädlichen Abgasen, im Frankenwald in dem Ersatz des lockeren Plenterwaldes durch den dichten Hochwald, in anderen Gegenden in der Beimischung der trockentorfbildenden Fichte. Der Zeitpunkt der Erkrankung und das äußere Bild der Schäden ist aber in allen diesen Gebieten so einheitlich, daß man kaum an so verschiedene Ursachen denken kann.

Um zu einer Klärung zu kommen, ließ ich zunächst in mehreren weit voneinander entfernten Gebieten kranke und gesunde Tannen auf die äußeren Merkmale und auf den Zuwachsgang im Laufe des ganzen Lebens untersuchen (58, 23, 40). Hierbei ergaben sich durchaus einheitliche Merkmale. An älteren Tannen schreitet das Absterben der Äste von unten nach oben fort, während die oberste Krone sich zwar zum „Storchennest" abwölbt, aber noch lange ihre gesunde Benadelung behält. Der Zuwachs sinkt überall nach bisheriger guter Leistung ganz plötzlich auf $^1/_3$ oder $^1/_4$ des bisherigen und erholt sich meist später nicht mehr. Einige Zuwachskurven von kranken und gesunden Tannen zeigt Abbildung 18.

Die Stockungen beginnen am untersten Stammteil zuerst, treten in den höheren Baumteilen erst etliche Jahre später auf und steigen dann allmählich in immer größere Höhen. Die ersten schweren Stockungen beginnen fast überall in einem der berüchtigten Dürrejahre der letzten Jahrzehnte. Während aber im Erzgebirge die Trockenjahre 1886—1892 und 1904 die Hauptrolle spielen, ist es in Südwestdeutschland vor allem 1911 und in Nordwestdeutschland vor allem 1921. Ebenso ist sehr auffällig, daß in den meisten Gebieten die Alttannen erst in viel höherem Alter zu kränkeln begannen als die daneben stehenden 40—70jährigen Tannen. Diese beiden Feststellungen sind darum so wichtig, weil sie zeigen, daß die Trockenjahre nicht die primäre Ursache der Krankheit sein können, weil sonst alle Bestände der verschiedenen Gegenden etwa im selben Alter erkranken müßten. Vielmehr ist augenscheinlich die Trockenheit nur ein Nebenfaktor, der die Wirkungen einer anderen primären Ursache zum Vorschein bringt.

Nach vielen vergeblichen Versuchen fand ich eine befriedigende Erklärung in der Tannenlaus, auf die schon vorher mehrere Zoologen aufmerksam gemacht hatten. Nach genauen Messungen beginnt nämlich das Absterben der in einer bestimmten Baumhöhe befindlichen Äste und die Wuchsstockungen des Stammes in derselben

Höhe etwa in dem gleichen Jahre. Gleichzeitig ist nun in derselben Höhe die Zahl der am Stamm sitzenden Rindenläuse außerordentlich gesteigert, während in den darüberliegenden, noch gesund erscheinenden Kronenteilen über-

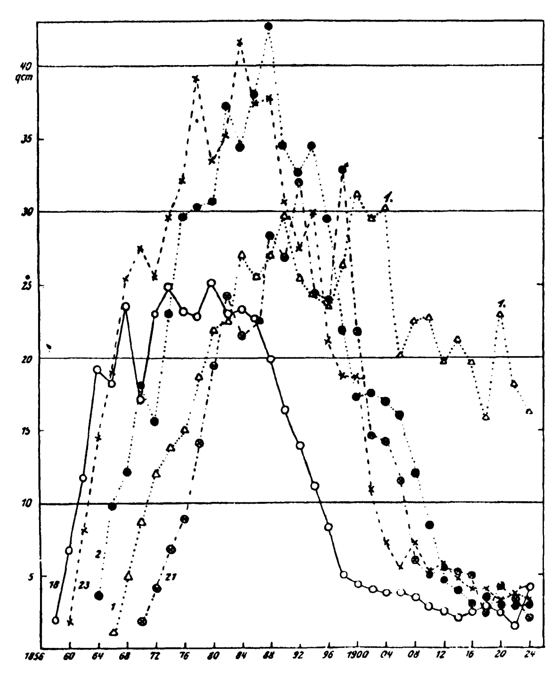
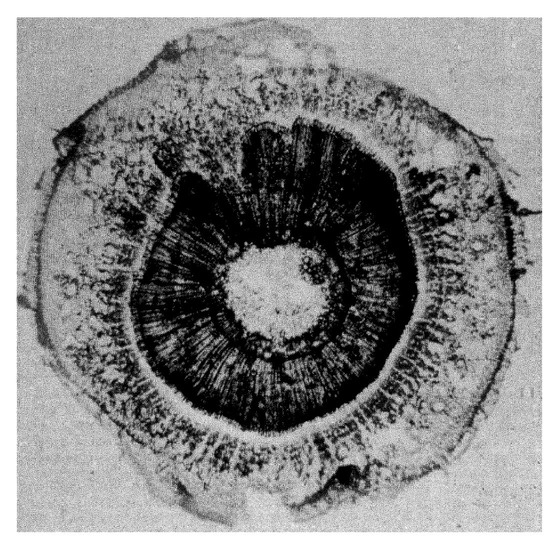


Abb. 18. Der jährliche Kreisflächenzuwachs (in qcm) von 5 etwa 100 jährigen Weißtannen des Erzgebirges (Messungen in etwa 10 m Höhe) in 2jährigen Zuwachsperioden.

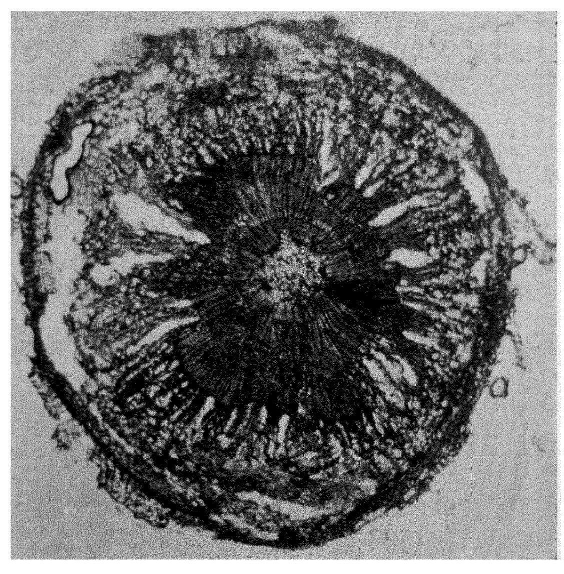
Tanne 1 (punktierte Linie) ist äußerlich fast gesund, die übrigen entsprechen dem Durchschnitt der schwer kranken Tannen.

Der Zuwachs der 4 kranken Stämme sinkt teils um 1890, teils um 1904 plötzlich auf höchstens $^1/_5$ der früheren Leistung.

haupt keine Läuse sitzen. Auch in den unteren Baumteilen, die schon länger erkrankt sind, ist die Zahl der Läuse meist viel geringer, augenscheinlich weil die starke Borkebildung dieser Teile das Einstechen der Läuse in das Kambium hindert. Hieraus ergab sich als Erklärung, daß die Laus von unten allmählich am Stamm in immer höhere



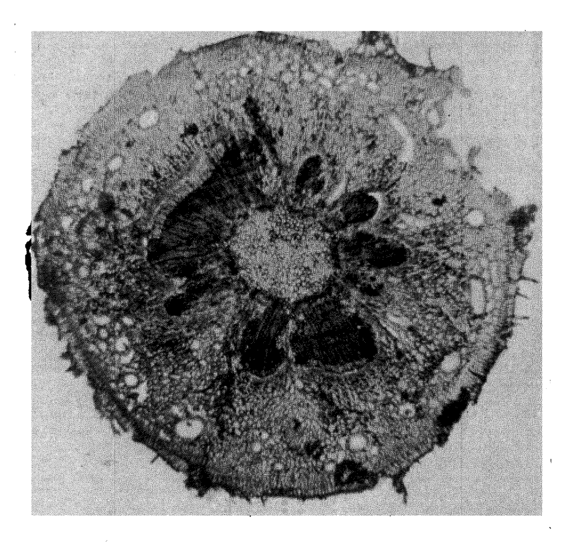
a) Fast gesunder Zweig mit einer einzelnen Verletzung des Kambiums, Schwarzwald (links oben).



b) Seit kurzem befallener Zweig mit zahlreichen durch Läusestich entstandenen Hohlräumen (weiße Flecken) und teilweiser Zerstörung des Kambiums, Nordwestdeutschland.

Abb. 19. Etwa 4jährige Zweige älterer Tannen mit verschieden starkem Angriff der Tannenlaus. Mikrophotographien von Professor Liese mit etwa 25facher Vergrößerung.

Teile vordringt, in den befallenen Teilen den absteigenden Saftstrom, der nach Münch in der Rinde und zwar in den Siebröhren läuft, abschneidet und hierdurch eine Unterernährung und schließlich den Tod aller tieferliegenden Baumteile verursacht.



19c) Sehr stark befallener Zweig mit starker Zerklüftung des Holzkörpers durch die Läusestiche und Zerstörung fast aller leitungsfähigen Gewebe, Schwarzwald.

Dieser Erklärungsversuch ist inzwischen auch durch genaue zoologische und botanische Untersuchungen bestätigt worden. So machte Professor Liese auf meine Bitte mikroskopische Untersuchungen an befallenen Tannen, s. Abb. 19 a, b, c:

Diese Mikrotomschnitte etwa 4jähriger Zweige zeigen deutlich an Stelle der normalen ringförmigen Kambialzone (Abb. 19 a) ein durch die Läusestiche vollkommen zerstörtes Gewebe (Abb. 19 b c), in dem an Stelle der normalen Holz- und Rindenteile nicht leitfähiges Wundgewebe gebildet ist. Dadurch wird natürlich jeder normale Saftstrom unmöglich. Dasselbe zeigten die — von meinen Arbeiten unabhängig — im Zoologischen Institut Tharandt von Diplomforstingenieur Claus angefertigten Schnitte aus kranken Erzgebirgstannen (1).

Claus hatte außerdem überzeugend die Art des Einstechens der Laus und die Wirkungen in den Geweben geschildert und die Unterschiede der beiden beteiligten Tannenläuse nachgewiesen. Hiernach befällt Dreyfusia piceae im wesentlichen die Rinde der älteren Tannen und schadet in der von mir früher beschriebenen Weise. Außerdem befällt eine andere Laus, Dreyfusia Nüsslini, mitunter die Rinde, vor allem aber die jungen Triebe und Nadeln frischer Zweige in allen Altersstufen und bringt dort ähnliche Zerstörungen hervor. Am Sterben der älteren Tannen sind augenscheinlich oft beide Arten beteiligt. Das von mir früher nicht näher untersuchte Kränkeln von Tannenkulturen aber wird im wesentlichen von Dreyfusia Nüsslini hervorgebracht, die ich jetzt in größtem Umfange in den künstlichen Tannenkulturen von Nordwestdeutschland beobachten konnte. Hier fand sich außerdem eine Tannenwurzellaus, wahrscheinlich Prociphilus Poschingeri, in sehr großen Massen (35), deren Beschädigungen der Wurzel ebenfalls äußerst gefährlich sind.

Bei den Reisen der letzten Jahre fand ich die Tanne, selbst einzelne isolierte Horste in der Mark, Pommern, Eifel und im Harz fast regelmäßig mit Läusen besetzt und erkrankt.

Durch dieses übereinstimmende Ergebnis meiner Bestandsmessungen und der zoologisch-botanischen Untersuchungen ist die Ursache des typischen Tannensterbens wohl gelöst. Die Laus bzw. die verschiedenen gemeinsam schadenden Läuse erscheinen als der primäre Erreger der Krankheit. Für die plötzliche Verschärfung der Krankheit in den letzten Jahrzehnten liegt die Erklärung vielleicht darin, daß zwar Dreyfusia piceae schon lange an der Tanne vereinzelt beobachtet wurde, daß aber Dreyfusia Nüsslini anscheinend erst mit Abies Nordmanniana von Kleinasien nach Mitteleuropa eingeschleppt wurde. Der Beweis scheint darin gegeben, daß ihre Zwischengeneration von Schneider-Orelli nicht an unserer Fichte, dagegen an der mit Abies Nordmanniana zusammenlebenden Picea orientalis festgestellt wurde.

Die Aussichten auf ein Abflauen oder auf eine erfolgreiche Bekämpfung sind nach dem Verlauf in den ältesten Krankheitsgebieten sehr gering, auch wenn zeitweise bei feuchter Witterung die Zahl der Läuse stark abnimmt und das Wachstum der Tanne sich etwas erholt. Feuchtere Standorte sind augenscheinlich meist weniger empfindlich, da hier die reichliche Wasserversorgung auch einen teilweisen Verlust der Leitungsgänge eher ertragen läßt.

Neben diesen primär durch die Tannenläuse verursachten Tannensterben kommen natürlich auch andere Schädigungen der Tanne durch Wildschäden, Frost und andere Ursachen vor. So ist nach umfassenden Arbeiten von Forstreferendar Zschiesche (74) in Schlesien zwar im Gebirge die Tannenlaus in verheerendem Maße primär tätig, in Oberschlesien aber sterben gegenwärtig viele Alttannen infolge der allzu hohen Winterkälte (über 40°) im Winter 1928/29 ohne Mitwirkung der Laus ab, wobei das Krankheitsbild sich dadurch klar von dem üblichen „Läusesterben" unterscheidet, daß kein Storchennest gebildet ist und daß das Absterben in den obersten Kronenteilen beginnt. In anderen schlesischen Gebieten überlagern sich beide Krankheitsformen. Auch diese sonstigen Ursachen müssen also neben den Läusen bei Erkrankung der Tanne mitberücksichtigt werden.

II. Der Anbau ausländischer Holzarten.

In einem Land, das infolge seiner geologischen Geschichte (Eiszeit) so arm an Baumarten ist wie Mitteleuropa, sind die Aussichten, durch Einführung fremder Holzarten aus klimatisch ähnlichen Gegenden die Produktion des Waldes zu steigern, von vornherein sehr groß. Schon um 1750 wurden in Deutschland größere Versuche mit amerikanischen Holzarten gemacht, die sich aber nicht in der Praxis auswirkten. Um 1885 wurden dann unter der mächtigen Förderung von Bismarck in Preußen und ebenso in anderen deutschen Staaten außerordentlich großzügige Versuche mit dem flächenweisen Anbau zahlreicher nordamerikanischer und einzelner japanischer Holzarten eingeleitet. Diese Versuchsflächen, die sich über ganz Preußen von dem Saargebiet bis nach Ostpreußen und von Schleswig bis nach Oberschlesien verteilen, geben heute nach 50 Jahren eine einzigartige Gelegenheit, das Wachstum der aus anderem Klima stammenden Holzpflanzen auf sehr verschiedenem Standort zu verfolgen. Von der Einbürgerung der kurzlebigen landwirtschaftlichen Pflanzen unterscheidet sich dieser Versuch wesentlich. Denn bei den langlebigen Bäumen können einzelne Jahre mit Klimaextremen, die über die heimischen Klimagrenzen hinausgehen, nicht nur die Ernte eines Jahres, sondern die ganze Entwicklung stören oder sogar vernichten. Solche säkularen Störungen waren z. B. die Sommerdürre von 1911 und die Winterkälte von 1928.

Geheimrat Schwappach hat bereits wiederholt über das Ergebnis dieser Versuche berichtet. Bei ihrem Heranwachsen in das Stangen-

holzalter konnte aber nur ein kleiner Teil der Flächen planmäßig weiter verfolgt werden. Daher wurde in den letzten Jahren unter besonderer Mitwirkung der Notgemeinschaft eine möglichst große Zahl der alten aufgegebenen Versuchsflächen auf Grund der Lagerbücher wieder aufgenommen, und zwar vor allem die Höhe, der Durchmesser, der allgemeine Gesundheitszustand usw. Die Aufnahmen erfolgten teilweise durch Diplomforstingenieur Mayer (34) und Forstassessor Vetter (48), die ausschließlich von der Notgemeinschaft bezahlt wurden, teilweise durch andere jüngere Forstleute (2, 3, 4, 71). Diese nach einheitlichen Methoden durchgeführten statistischen Aufnahmen wurden, soweit bei der Fülle anderer Aufgaben möglich, durch Sonderuntersuchungen über Einzelfragen ergänzt. An dieser Stelle kann ich nur einen Überblick über die grundsätzlichen Ergebnisse und einen Hinweis auf einige besonders wichtige Einzelfragen geben.

Nur wenige der versuchten Holzarten haben sich in dem ganzen Gebiet einheitlich gut bewährt und zwar vor allem die grüne Douglasie und die Roteiche. Der Douglassamen, der bei den großen Versuchen in Preußen vor 1900 verwandt wurde, stammte nach dem ganzen Habitus der Bestände, der Art der Benadelung und anderen Merkmalen augenscheinlich durchweg aus dem leicht zugänglichen Küstengebiet am Stillen Ozean. Später wurde Samen aus dem ganzen weiten Heimatsgebiet der Douglasie eingeführt. Ein von Schwappach 1907 mit 19 Rassen ausgeführter Kulturversuch (26, 33) zeigte, daß die Douglasien, die aus dem inneren Amerika und vor allem aus den höheren Gebirgslagen stammten, schlechter als die einheimische Fichte wachsen, während gerade die grünen Rassen aus dem Küstengebiet die Fichte weit überflügelt haben. Auch die grünen Douglasien des alten preußischen Großversuches sind überall vorzüglich gediehen und zwar sowohl in der Eifel wie in Oldenburg, in Schlesien und in der Grenzmark. Überall haben sie die heimischen Holzarten an Massenertrag und Höhe überflügelt (25).

Gerade bei einer Holzart, die in der Heimat sich so stark in Standortsrassen aufgespalten hat, ist diese Feststellung auffallend, daß eine einzelne Rasse bei Verpflanzung in ein so weites, klimatisch nicht einheitliches Gebiet durchweg so gute Leistungen hat. Ähnliche Erscheinungen brachten aber ja auch die Kiefernrassenversuche. Auch hier hat die aus extremem Klima stammende ostpreußische Kiefernrasse die meisten anderen Rassen auch in deren eigener Heimat an Masse und Schönheit erreicht oder überflügelt.

Eine Grenze findet dies Gedeihen der grünen Douglasie augenscheinlich in Teilen des Nordseeküstengebietes durch den Seewind, der ihre weichen Nadeln und Triebe übermäßig peitscht und schädigt, sowie in einigen ostdeutschen Gebieten durch die übermäßige Winterkälte. Vor allem der Winter 1928/29, in dem diese extremen Gebiete über 40° Kälte hatten, hat die bisher auch dort frohwüchsigen grünen Douglasien beschädigt, in einzelnen Fällen sogar vernichtet, während sie die geringere Winterkälte des übrigen Deutschlands ohne Schaden überstanden haben.

Neben ihrem großen Massenertrag hat die grüne Douglasie noch weitere sehr günstige Eigenschaften. Dank der geringeren Sommerniederschläge in ihrer Heimat gedeiht sie wenigstens auf besseren Böden auch in den niederschlagsarmen Gebieten des inneren Deutschlands, in denen die Fichte versagt, so daß hier bisher von den Nadelhölzern nur die verhältnismäßig ertragsarme Kiefer anbaufähig war. Hier schließt die Douglasie eine große wirtschaftliche Lücke. Vor der Fichte zeichnet sie sich durch ihren günstigeren Einfluß auf den Bodenzustand aus, der bei Untersuchungen der Humuszersetzung und der Bodenfestigkeit (41) festgestellt wurde. Endlich ist bisher gerade diese grüne Küstendouglasie durch keine schweren äußeren Schäden bedroht. Auch die Douglasiennadelschütte (Rhabdocline), die neuerdings die meisten Gebirgsrassen der Douglasie in Deutschland vernichtend schädigt, hat gerade diese wertvolle grüne Douglasie bisher verschont. Nach Untersuchungen von Professor Liese (33) ist sie wahrscheinlich dadurch geschützt, daß das Ausfliegen der Pilzsporen im Frühling erfolgt, während die jungen Nadeln dieser spät austreibenden Rasse noch in der Knospe vor der Infektion geschützt sind. Schon dieser große Erfolg der grünen Douglasie allein rechtfertigt den gesamten Aufwand für die Ausländerversuche, wenigstens wenn sie auf den besseren Kiefernböden in entsprechendem Umfange angebaut wird.

Ähnlich gut hat sich in weitesten Gebieten die amerikanische Roteiche bewährt, die vor allem in den süddeutschen Versuchen der einheimischen Eiche weit überlegen ist und sie auch in Norddeutschland in vielen Fällen überflügelt. Siehe Abb. 20 auf S. 98.

Sie liefert zwar nicht die wertvollsten Holzsortimente der einheimischen Eichen (Fourniere), hat aber große Vorzüge, weil sie rascher die Jugendgefahren überwindet, den Boden durch ihre reiche Belaubung besser deckt und im allgemeinen auch auf noch geringerem Boden gut gedeiht.

Mehrere Holzarten finden augenscheinlich innerhalb von Deutschland die Klimagrenzen guten Gedeihens, sind aber innerhalb ihres Klimagebietes außerordentlich wertvoll geworden. So hat die ebenfalls aus Nordamerika stammende Sitkafichte in den trockeneren Lagen von Deutschland auch auf guten Böden meist nicht be-

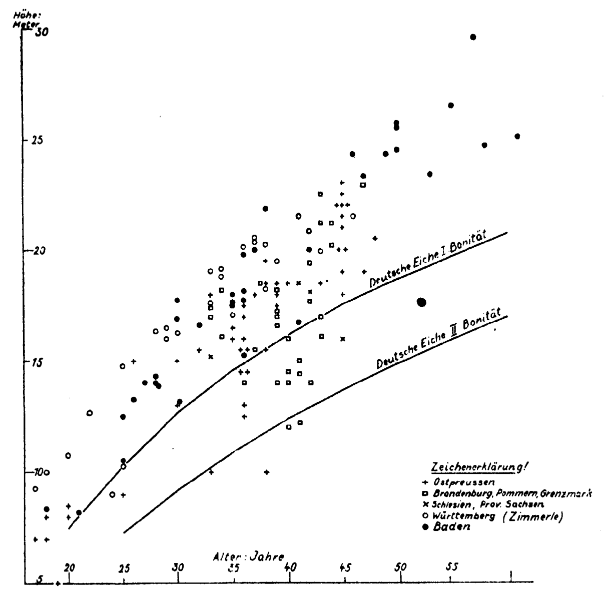


Abb. 20. Die mittlere Höhe zahlreicher Roteichenversuchsflächen in verschiedenen deutschen Gebieten, aufgetragen als Funktion des Alters. Als Vergleich sind die Kurven der „normalen" Mittelhöhe der deutschen Eiche bester (I.) und mittlerer (II.) Bonität (nach Schwappach 1920) beigefügt. Die verschiedenen Wuchsgebiete sind durch verschiedene Zeichen hervorgehoben.

friedigt. Dagegen leistet sie in den feuchteren Lagen, sowohl in Süddeutschland wie in der Eifel und vor allem im Küstengebiet der Nord- und Ostsee, weit mehr als die einheimische Fichte (13). In den durch Seewind gefährdeten Teilen hat sie einen entscheidenden Vorzug vor der Fichte in ihrer sehr harten Nadel, welche sie vollkommen unempfindlich gegen diese Windschäden macht. Ihr Einfluß auf den Boden und ebenso ihre Wurzeltiefe ist nach den bisherigen Untersuchungen, im Gegensatz zu früheren Vermutungen, nicht besser als bei der einheimischen Fichte.

Die japanische Lärche ist ein Rätsel. Denn obwohl sie aus den höchsten Lagen der japanischen jungen Eruptivgebirge kommt, hat sie sich in allen feuchteren Lagen von Deutschland, sowohl in Süddeutschland wie im nordwestdeutschen Küstengebiet und in den deutschen Mittelgebirgen, auf den verschiedensten Bodenarten überraschend wüchsig gezeigt, so daß sie vor allem in Nordwestdeutschland jetzt in größtem Umfange angebaut wird. In den trockenen Lagen des inneren Deutschlands hat sie mit Ausnahme einzelner günstiger Fälle meist keine so überragenden Leistungen. Auch in den übrigen Gegenden warnt aber ihre Empfindlichkeit gegen Seewind sowie die mehrfach beobachtete Bildung von Rohhumus und manche Krankheitserscheinungen vor einem allzu weit ausgedehnten Anbau. Doch verdient sie zweifellos starke Beachtung.

Auch die ausländischen Nußarten finden meist die klimatische Grenze ihrer Anbauwürdigkeit innerhalb von Deutschland. Die schwarze Walnuß ist durch ihre sehr hohen Wärmeansprüche auf ein verhältnismäßig kleines Gebiet von Deutschland beschränkt. Die verschiedenen Caryaarten, vor allem Carya alba, haben auf guten Böden mit Ausnahme der meisten ostpreußischen Flächen teilweise vorzügliche Leistungen und auch den schweren Frost 1928 überraschend gut überstanden. Da aber auch auf gutem Boden etwa die Hälfte aller Anbauversuche aus verschiedenen Gründen nicht befriedigt, so ist vorläufig ein Großanbau in der Praxis wohl noch verfrüht.

Einzelne ausländische Holzarten kommen zwar nicht als Wirtschaftsholzart im Großen in Frage, dagegen als waldbauliche Hilfsmittel für bestimmte Zwecke. So ist die Bankskiefer und die Pechkiefer in größerem Maße auf den ärmsten ostdeutschen Sandböden eingebracht worden, um nach ihnen die deutsche Kiefer anbauen zu können. Die Hoffnungen, mit diesen Holzarten selbst größere Erträge zu gewinnen, sind infolge ihres Versagens nach gutem Jugendwachstum vor allem bei der Bankskiefer fehlgeschlagen. Als Hilfsholzarten der Kiefer haben sie sich teilweise bewährt. Die große Zahl von Mißerfolgen verbietet aber einstweilen den Anbau im großen (66). Auch die Akazie, die Schwarzkiefer, die Weißerle und andere haben stellenweise (z. B. auf verkarsteten Kalkböden) waldbauliche Schwierigkeiten überwunden. Einzelne Holzarten, vor allem manche Pappelarten und die Murraykiefer werden augenblicklich erprobt in der Hoffnung, rasch große Mengen von Papierholz zu erzielen.

Zahlreiche weitere Holzarten haben sich bei den Anbauversuchen gar **nicht bewährt**, z. B. einige Caryaarten, die Stechfichte, die graue und blaue Douglasie sowie die japanischen Holzarten Phellodendron und Zelkova Keaki.

Ergebnis: Der vorliegende seit fast 50 Jahren laufende Großversuch mit ausländischen Holzarten in Preußen ist eine wertvolle Grundlage für die Erforschung der Ertragsleistung und der bodenpfleglichen Eigenschaften dieser Holzarten auf den verschiedensten Standorten, vor allem da er durch ähnliche Versuche in anderen deutschen Ländern ergänzt ist. Neben seinen wirtschaftlichen Folgerungen gibt er auch zahlreiche pflanzengeographische und physiologische Einblicke. Freilich muß die Bearbeitung dieses Versuches noch sehr ausgedehnt werden.

Die ertragskundliche Bearbeitung dieser ausländischen Holzarten durch die Versuchsanstalt ist in vollem Gange. Sie hat außer den Unterschieden der gesamten Wachstumsleistung zwischen den verschiedenen Holzarten auch wertvolle Einblicke in den zeitlichen Verlauf des Wachstums, in das Ausladungsvermögen der verschiedenen Holzarten und andere Wuchseigentümlichkeiten gebracht (17). Die bisherigen Sonderuntersuchungen über die Beziehungen der Holzarten zum Standort zeigten z. B. die verschiedene Wurzelausbildung auf gleichem Boden und die verschiedene Empfindlichkeit gegen die Trockenjahre der letzten Jahrzehnte. Gerade diese ökologischen Untersuchungen versprechen bei entsprechendem Ausbau eine große Bereicherung und Ergänzung derjenigen Kenntnisse und Erfahrungen, die bei den einheimischen Holzarten bisher gesammelt worden sind.

E. Schlußwort

Auf eine nochmalige Zusammenfassung der sachlichen Ergebnisse wird verzichtet, da diese schon am Schluß jedes einzelnen Abschnittes zusammengefaßt sind.

Das Teilgebiet der deutschen Forstwissenschaft, welches das Wachstum und die Behandlung der Waldbestände erforscht, hat sich im letzten Jahrhundert allmählich aus einer reinen Sammlung von Erfahrungen heraus entwickelt, und zwar zunächst durch planmäßige Systematisierung dieser Erfahrungen und durch theoretische Durcharbeitung des Fachgebietes, später auch durch Sammlung eines großen statistischen Materials vor allem über die Ertragskunde. Infolge des Rückstandes

der naturwissenschaftlichen Erforschung haben lange Zeit waldphilosophische und rein theoretische Ideen eine äußerst wichtige Rolle für die Entwicklung gespielt. Sie haben oft der Praxis einen mächtigen Aufschwung gegeben, bei falscher Verallgemeinerung aber auch schwere wirtschaftliche Opfer gekostet. Erst in den letzten Jahrzehnten gestattete es der Ausbau einfacher, in großen Massen durchführbarer naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, die waldbaulichen und ertragskundlichen Fragen nun durch exakte Untersuchungen zu bearbeiten und so die tiefere Erklärung für viele Feststellungen zu finden.

Die im Vorstehenden besprochenen Arbeiten, die von der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft gefördert wurden, sind ein Beitrag zu diesem Ausbau. Bei allen Teilgebieten steht immer die gleiche grundsätzliche Frage im Vordergrund, nämlich die Erforschung der wechselseitigen Beziehungen zwischen Baumbestand und Standort. Dabei wird bald der Einfluß, den die Bestandesart, reiner oder gemischter Bestand, dichter oder lichter Bestand sowie die einzelnen waldbaulichen Maßnahmen auf die verschiedenen Standortseigenschaften unter verschiedenen allgemeinen Bedingungen haben, erforscht, bald der Einfluß, den umgekehrt der Standort auf das Wachstum der verschiedenen Holzarten und auf den Erfolg der waldbaulichen Maßnahmen ausübt.

Dieser *einheitliche Grundgedanke* schließt alle Einzelarbeiten zusammen und gestattet, die einzelnen Untersuchungen nach den verschiedensten Richtungen hin zur Ergänzung und Prüfung anderer Untersuchungen auszuwerten. Z. B. ergänzen die Untersuchungen über die Entwicklung, welche die Wurzel der Anflugfichte auf verschiedenem Boden bei allmählicher Freistellung durchmacht, einerseits die entsprechenden Arbeiten über die Wurzelentwicklung der Anflugkiefer und geben mit diesen zusammen Aufschlüsse darüber, wieweit die Baumwurzel überhaupt anpassungsfähig und umwandlungsfähig ist. Andererseits ist diese Umwandlung der Baumwurzeln bei verschiedenem Lichtzutritt auch ein Weiser für die gleichzeitig erfolgenden Veränderungen der einzelnen Bodenschichten und ergänzt so die bodenkundlichen Untersuchungen über den Einfluß, den die Lichtstellung bzw. der Kahlschlag auf die einzelnen Bodeneigenschaften unter verschiedenen standörtlichen Bedingungen ausübt. Durch dies Ineinandergreifen aller Einzeluntersuchungen bieten sie einen Weg, um allmählich die im Walde herrschenden Sondergesetze herauszufinden und so wieder von der deduktiven Arbeitsmethode zu der früheren induk-

tiven Methode überzugehen, freilich nunmehr auf der festen Grundlage exakter Untersuchungsergebnisse.

Neben den Bedürfnissen der Praxis nach rascher grundsätzlicher Klärung vieler Fragen und neben den geringen verfügbaren Geldmitteln ist diese Überlegung der Hauptgrund gewesen, weshalb ich von vornherein darauf verzichtet habe, einzelne Fragen mit teuren und zeitraubenden Spezialmethoden zu bearbeiten, sondern zunächst eine möglichst große Zahl von praktisch wichtigen Fragen von den verschiedensten Seiten her mit einfachsten Methoden in Angriff genommen habe. Gleichzeitig konnte ich hierdurch die von der Notgemeinschaft gespendeten Mittel mit denjenigen Untersuchungen zusammenfassen, die aus dienstlichen Mitteln und solchen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft und des Sächsischen Waldbesitzerverbandes durchgeführt wurden. Außerdem konnten so diese standörtlichen Untersuchungen in unmittelbare Verbindung zu den ertragskundlichen Ergebnissen der langfristigen Versuchsflächen der Preußischen Versuchsanstalt gebracht werden.

Endlich gestattete diese Arbeitsart mit einfachen Methoden auch den Einsatz zahlreicher jüngerer, noch in der Ausbildung begriffener Kräfte, so daß die Arbeiten auch für die Fortbildung des Nachwuchses nutzbar gemacht wurden. Die unausbleiblichen Anfangsfehler wurden durch gründliche Unterweisung und spätere Nachprüfung der wichtigeren Arbeiten möglichst ausgeschaltet. Außerdem wurden die Einzelergebnisse durch Paralleluntersuchungen von anderen Hilfsarbeitern an anderen ähnlichen Objekten geprüft, was bei dem geringen Kostenaufwand der Einzelarbeit durchführbar war.

Soweit ich das Ergebnis übersehen kann, hat schon jetzt das sehr große neue Tatsachenmaterial eine Reihe von praktisch wichtigen Fragen wesentlich geklärt. Es sei hier nur an die Bearbeitung der Düngungsflächen, an die bodenkundliche Untersuchung zahlreicher Kiefernbestände und an die Untersuchungen im nordwestdeutschen Heidegebiet erinnert. Auch für den wissenschaftlichen Fortschritt scheint ein Teil der gefundenen Tatsachen wichtig, so die Ergebnisse über die Wurzelentwicklung unter verschiedenen Lebensbedingungen und über die standörtlichen Ansprüche der verschiedenen Holzarten und ihren Einfluß auf den Boden.

Die Arbeiten sind freilich noch bei weitem nicht abgeschlossen. Bei vielen Fragen muß das Material unter Fort-

führung der bisherigen einfachen Methoden noch wesentlich vermehrt werden, vor allem unter Heranziehung grundsätzlich anderer Standortsgebiete. Bei anderen ist der Augenblick gekommen, wo die Ergebnisse dieser einfachen Untersuchungen mit feineren Spezialmethoden ausgebaut werden müssen, um die jetzigen Erklärungsversuche für die gefundenen Tatsachen exakt nachzuprüfen. Diese Gemeinschaftsarbeit mit Spezialforschern hat in einer Reihe von Fragen, z. B. im nordwestdeutschen Heidegebiet und bei dem Tannensterben, schon jetzt zu guten Ergebnissen geführt. Mit ihrer Hilfe müssen nun allmählich diese waldbaulichen Grundfragen so weit geklärt werden, daß wenn möglich eine induktive Auswertung für die Zwecke der Praxis allmählich möglich wird. Die endgültige Erreichung des hohen Zieles eines „Waldbaues auf zahlenmäßigen Grundlagen“ steht freilich bei der außerordentlichen Verwicklung aller Einzelfragen noch in weiter, vielleicht unerreichbarer Ferne.

Verzeichnis der Einzelarbeiten, die der vorstehenden Zusammenstellung zugrunde liegen

Die Literatur über die betreffenden Fragen ist in den angeführten Originalarbeiten nachzulesen.

1. Claus: Die Bedeutung der Chermesiden bei dem Tannensterben. Sudetendeutsche F. u. J. Ztg. 1932.
2. Dauster, Gatzen: Die ausländischen Holzarten in Freienwalde und Ostpreußen. 1928, 1929, nicht veröffentlicht.
3. Demmer: Die ausländischen Holzarten in Schlesien. 1923, nicht veröffentlicht.
4. Denecke: Die ausländischen Holzarten in Chorin. 1929, nicht veröffentlicht.
5. Erteld: Rohhumusbekämpfung durch Kalkdüngung in Altenbeken. Forstarchiv 1932.
6. Erteld: Wurzeluntersuchungen in Nordwestdeutschland und Gelbensande. 1932, nicht veröffentlicht.
7. Erteld: Das Wachstum der Kiefer auf Übersandungsflächen von Gelbensande. 1932, nicht veröffentlicht.
8. Feddersen: Bodenuntersuchungen in den Erlenbrüchern von Falkenhagen. 1932, nicht veröffentlicht.
9. Frerich: Der Wachstumsgang der Kiefer auf ärmsten Sandböden. 1920, nicht veröffentlicht.
10. Ganßen: Über Standort und Ertragsleistung der Kiefer in Norddeutschland. Zt. f. F. u. Jw. 1932.
11. Ganßen: Bodenuntersuchungen in Fichtendurchforstungsflächen. 1932, nicht veröffentlicht.
12. Ganßen, Mitscherlich, Reier: Der Boden von Bärenthoren. Zt. f. F. u. Jw. 1933.
13. Gatzen: Das Wachstum der Sitkafichte. 1929, nicht veröffentlicht.
14. Gené: Bodenuntersuchungen in Neumünster. 1930, nicht veröffentlicht.
15. Groß: Zuwachsuntersuchungen in Thüringen. 1932, nicht veröffentlicht.
16. Grünewald: Die Wurzelverbreitung in verschieden durchforsteten Fichtenbeständen. 1932, nicht veröffentlicht.
17. Grünewald: Einzeluntersuchungen in Ausländerbeständen. 1932, nicht veröffentlicht.
18. Grünewald, Kochs: Bohrungen in der Landsberger Heide. 1932, nicht veröffentlicht.
19. Hartmann: Kiefernbestandestypen des nordostdeutschen Diluviums. Neudamm 1928.
20. Hause: Fichtennaturverjüngung am Blendersaumschlag. Mittl. d. sächs. F. Vers. A. 1927.

21. Hause: Untersuchungen über die Fichtennaturverjüngung in Sachsen. 1932, nicht veröffentlicht.
22. Hoffs, Schroer: Wachstum und Wachstumsfaktoren in Kiefernbeständen von Schönlanke. 1931, nicht veröffentlicht.
23. Hutterer: Ein Beitrag zur Frage des Tannensterbens. 1926, nicht veröffentlicht.
24. Junghanns: Die Kiefer auf altem Waldboden, altem Feldboden und Ödland bei Bärenthoren. 1927, nicht veröffentlicht.
25. Kanzow: Das Wachstum der grünen Douglasie. 1928, nicht veröffentlicht.
26. Kanzow, Rohde: Die Douglasienprovenienzflächen von Chorin. 1929, nicht veröffentlicht.
27. Kochs: Die Wirkung des Standortes auf die Rohhumusbildung in Erdmannshausen. 1931, nicht veröffentlicht.
28. Köhler: Zuwachs von Fichte und Kiefer bei Altenburg. 1927, nicht veröffentlicht.
29. Költing: Kronenkarten von Durchforstungsflächen. 1931, 1932, nicht veröffentlicht.
30. Költing: Die Durchwurzelung lichter Buchenbestände. 1932, nicht veröffentlicht.
31. Kötz: Untersuchungen über Waldtypen und Standortsbonität der Fichte. Allg. F. u. J. Ztg. 1929.
32. Kötz: Waldtypenstudien in Westdeutschland. 1932, nicht veröffentlicht.
33. Liese: Zur Biologie der Douglasiennadelschütte. Zt. f. F. u. Jw. 1932.
34. Mayer: Die ausländischen Holzarten in der Provinz Sachsen. 1929, nicht veröffentlicht.
35. Merle: Die Gesundheit der Jungtannen in Erdmannshausen. 1932, nicht veröffentlicht.
36. Merz: Die Florentypen des Erzgebirges und Vogtlandes. Selbstverlag 1931.
37. Messer: Bodenuntersuchungen in Unterbauflächen. 1928, nicht veröffentlicht.
38. Mitscherlich: Einfluß der Holzart auf die Rohhumusbildung in Erdmannshausen. 1931, nicht veröffentlicht.
39. Mitscherlich: Untersuchungen in Dietzhausen. 1932, nicht veröffentlicht.
40. Nenoff: Ein Beitrag über das Tannensterben. 1927, nicht veröffentlicht.
41. Penschuck: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Holzarten. Mittl. a. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 1931.
42. Penschuck: Bodenfestigkeitsuntersuchungen in Nordwestdeutschland und auf den ärmsten ostdeutschen Sandböden. 1931, 1932, nicht veröffentlicht.
43. Puttendörfer: Die Wurzelausbreitung der Fichte bei verschiedener Durchforstung. 1931, nicht veröffentlicht.
44. Reiche: Humusbekämpfung in Neuenheerse. 1930 und 1933, nicht veröffentlicht.
45. Schwechten: Der Einfluß des Lichtes auf die Anflugkiefer. 1930, 1932, nicht veröffentlicht.
46. Siebenbaum: Frühere und jetzige Verteilung der Holzarten in Ostholstein. 1932, nicht veröffentlicht.
47. Steinhardt: Bodenuntersuchungen in Eichenbeständen der Oderaue. 1932, nicht veröffentlicht.
48. Vetter: Die ausländischen Holzarten in Westdeutschland, Grenzmark und Pommern. 1929, 1930, nicht veröffentlicht.
49. Weck: Wirkungen langjähriger Freilage auf das Wachstum. Zt. f. F. u. Jw. 1929
50. Wecke: Die Kronenabwölbung der Kiefer. 1933, nicht veröffentlicht.
51. Wense: Fichtenwachstum auf alten Feld- und Waldböden. Zt. f. F. u. Jw. 1929.

52. Wiedemann: Zuwachsrückgang und Wuchsstockungen der Fichte. Tharandt 1923, 2. Auflage 1925.
53. Wiedemann: Fichtenwachstum und Humuszustand. Arb. d. biol. Reichsa. 1924.
54. Wiedemann-Gärtner: Die Harterschen Pflugdammkulturen. Zt. f. F. u. Jw. 1924.
55. Wiedemann: Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes. Braunschweig 1925.
56. Wiedemann: Die Kiefernnaturverjüngung in der Umgebung von Bärenthoren. Zt. f. F. u. Jw. 1926.
57. Wiedemann: Die Leguminosendüngung in Ebnath. F. Cbl. 1927.
58. Wiedemann: Untersuchungen über das Tannensterben. F. Cbl. 1927.
59. Wiedemann: Der Wurzelbau älterer Waldbäume. Forstarchiv, 1927.
60. Wiedemann: Über den künstlichen gruppenweisen Voranbau von Tanne und Buche. Allg. F. u. Jztg. 1927.
61. Wiedemann: Untersuchungen über Fichtennaturverjüngungen in Bayern. 1927, nicht veröffentlicht.
62. Wiedemann: Untersuchungen über den Säuregrad des Waldbodens. Zt. f. F. u. Jw. 1928.
63. Wiedemann: Die ertragskundliche und waldbauliche Brauchbarkeit der Waldtypen. Allg. F. u. Jztg. 1929.
64. Wiedemann: Über die weitere Entwicklung der Ertragstafeln. F. Cbl. 1930.
65. Wiedemann: Die Versuche über den Einfluß der Herkunft des Kiefernsamens. Zt. f. F. u. Jw. 1930.
66. Wiedemann: Der gegenwärtige Stand der forstlichen Düngung. Arb. der D.L.G. 1932.
67. Wiedemann: Die Rotbuche. Mittl. a. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 1931, 1932.
68. Wilpert: Wurzeluntersuchungen in Buchendurchforstungsflächen. 1930, nicht veröffentlicht.
69. Wittich: Untersuchungen über den Einfluß des Kahlschlages. Mittl. a. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 1930.
70. Wittich: Bodenuntersuchungen in Rabatten- und Übersandungskulturen. 1932, nicht veröffentlicht.
71. Wohlfarth: Die ausländischen Holzarten in Eberswalde. 1929, nicht veröffentlicht.
72. Wolff: Geologische Karte der Oberförsterei Neumünster. 1932, nicht veröffentlicht.
73. Zschiesche: Bodenuntersuchungen auf kleinstem Raum in Kiefernbeständen. 1930, nicht veröffentlicht.
74. Zschiesche: Untersuchungen über das Tannensterben in Schlesien. 1932, nicht veröffentlicht.

Untersuchungen über natürliche und künstliche Astreinigung der Waldbäume.

Von H. Mayer-Wegelin, Hann.-Münden.

Aufgabe der Forstwirtschaft ist die Erzeugung möglichst wertvoller Holzmengen. Die Mittel, diese Forderung zu erfüllen, sind hauptsächlich die Ausnutzung des Standortes, vor allem durch zweckmäßige Holzartenwahl, und die Gestaltung des Bestandes durch geeignete Begründung, Erziehung, Auslese und Stammpflege.

Der Wert des erzeugten Holzes hängt von der Entwicklung der Holzverwendung und von dem Stande der Holzverarbeitungstechnik ab. Die Verwendbarkeit einzelner Holzarten oder die Bewertung bestimmter Holzeigenschaften kann somit im Laufe der Zeit erheblichen Wandlungen unterworfen sein. Der Wert einer Holzart sinkt beispielsweise, wenn auf großen Verarbeitungsgebieten dieses Holz durch andere Konstruktionsstoffe verdrängt wird, wie etwa schweres Eichenholz durch Eisen und Stahl im Schiffs- und Waggonbau. Umgekehrt kann eine Erfindung, wie die der Papierbereitung aus Holzfaser und Zellstoff, in kurzer Zeit ein für sie geeignetes Holzsortiment zu einem begehrten Marktartikel werden lassen.

Über diese einzelnen Wandlungen der Verwertbarkeit der Hölzer hinaus behalten einige Eigenschaften des rohen Stammholzes einen dauernden Einfluß auf den Wert des Holzes, weil sie für den überwiegenden Teil der möglichen Holzverwendungen von ausschlaggebender Bedeutung sind. Die drei wichtigsten dieser Eigenschaften des Rohholzes sind die Gesundheit, die Ästigkeit und der Stammdurchmesser. Diese Eigenschaften, von denen der Wert des rohen Stammholzes in hohem Grade abhängt, sind für die Forstwirtschaft nach zwei Richtungen hin bedeutsam. Einerseits sind sie die Grundlage der Holzverwertung[1]), durch die den einzelnen Holzver-

[1]) Brunn, Die Gütesortierung des Fichtenholzes im Sägewerk, Forstarchiv 1931, 24.
Mayer-Wegelin, Die Sortierung des Buchennutzholzes, Silva 1928.
Mayer-Wegelin, Ästigkeit und Aushaltung des Buchenholzes, Forstarchiv 1929, 20.
Mayer-Wegelin, Zweckmäßige Nutzholzaushaltung, Silva 1930, 9.

arbeitungszweigen das für sie geeignete Holz zugeleitet wird, anderseits können gerade diese Eigenschaften des Rohholzes in gewissem Umfange durch die Bestandsbehandlung schon am lebenden Stamm beeinflußt werden. Je vielseitiger die Holzverarbeitungen wurden, je mehr auf den verschiedensten Gebieten andere Stoffe mit dem Holz konkurrierten, je stärker hochwertiges Auslandholz die deutschen Walderzeugnisse im Inlande selbst bedrängte, um so klarer ergab sich für

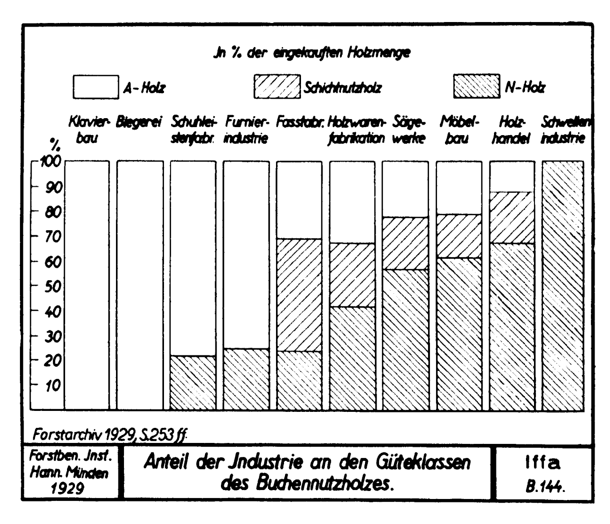


Abb. 1.

die deutsche Forstwirtschaft die Forderung, nicht so sehr möglichst große Holzmassen als möglichst hochwertiges Holz heranzuziehen. Die beiden Forderungen nach der Erziehung größter Holzmengen oder größter Holzwerte decken sich in vielen Fällen nicht, sondern führen häufig zu grundsätzlich verschiedener Waldbehandlung. Die Möglichkeiten der Beeinflussung der Ästigkeit des Rohholzes geben ein treffendes Beispiel für die Unterschiede in den Wirtschaftsmaßnahmen, die sich aus den gegensätzlichen Forderungen ergeben.

Bei einzelnen Holzarten, z. B. der Rotbuche (vgl. Abb. 1) können von dem größten Teil der Holzindustrien lediglich die absolut astreinen Holzteile des Stammes verwertet werden[1]). Für sie ist sowohl das

[1]) Mayer-Wegelin, Verwendung des Buchennutzholzes, Forstarchiv 1929, 12.

aststumpfdurchsetzte Innere wie das Holz stark ästiger Bäume ganz oder fast ganz wertlos. Zur Befriedigung des Bedarfs dieser Industrien hat also die Forstwirtschaft Stämme mit einem möglichst hohen Anteil astreinen Holzes zu erziehen. Dazu ist vor allen Dingen erforderlich, daß an den Bäumen des jungen Bestandes die Äste wenigstens der unteren Stammteile möglichst frühzeitig zum Absterben gebracht werden. Dieses Absterben erfolgt um so rascher, je dichter der Jungbestand erhalten wurde, je schneller also die gedrängten Kronen den unteren Ästen das Licht entzogen. In diesem Falle fordert also das Streben nach möglichst hochwertigen Stämmen die Erhaltung eines dichten Standes so lange, bis die für die betreffenden Verarbeitungen in Frage kommenden Stammstücke sich von Ästen gereinigt haben.

Dieser Forderung für die Bestandesbehandlung stellen sich die Folgerungen aus dem Streben nach höchster Massenleistung entgegen. Die höchste Massenleistung wird erst durch dauernde Unterbrechung des Kronenschlusses erreicht. Die Ergebnisse der Zuwachsforschung, vor allem die Arbeiten der Deutschen Forstlichen Versuchsanstalten, haben durch jahrzehntelange genaue Beobachtungen an sehr zahlreichen Versuchsflächen verschiedener Wuchsgebiete, Holzarten und Behandlungsmethoden gezeigt, bis zu welchem Grade durch ständige planmäßige Auflockerung des Bestandes die Gesamtmassenleistung immer weiter gesteigert werden kann. Soll also die größte Holzmenge gewonnen werden, so muß der junge Bestand nicht dicht, sondern locker erwachsen. In dem aufgelockerten Bestand aber bleiben die Äste des unteren Stammteils leben, die Astreinigung setzt lange Zeit später ein, der spätere Anteil astfreien Holzes und damit der Wert des künftigen Bestandes wird wesentlich geringer.

Zu den Fragen über die Ästigkeit des Rohholzes hat also die Forstwirtschaft in jedem Einzelfall zu entscheiden, ob es möglich und zweckmäßig sein wird, mehr, aber ästigeres, oder weniger, aber astreineres Holz zu produzieren. Für die Entscheidung dieser Frage bedarf es eingehender Kenntnisse der natürlichen Astreinigung unter den möglichen Wuchsbedingungen und Behandlungsweisen, sowie der Wirkung künstlicher Astreinigungsmethoden[1]). Trotzdem diese Themen schon seit mehr als 100 Jahren von der Forstwirtschaft bearbeitet und disku-

[1]) Mayer-Wegelin, Ästigkeit und Ästung. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse neuerer Arbeiten, Forstarchiv 1932, 15.

tiert werden, ist bislang nur ein geringer Teil der Fragen endgültig beantwortet. Die Vielseitigkeit der Probleme und die Länge der nötigen Beobachtungszeiträume hat hier wie bei den meisten forstwissenschaftlichen Untersuchungen hemmend gewirkt.

Das Forstbenutzungsinstitut der Forstlichen Hochschule Hann.-Münden hat die natürliche und künstliche Astreinigung der Holzarten zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht, die zum Teil in Zusammenarbeit mit der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt und mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft durchgeführt wurden. Der Vorgang der natürlichen Astreinigung ist bei den einzelnen Holzarten sehr verschieden, eine Verschiedenheit, die für die Verwendbarkeit des Holzmaterials große Bedeutung hat. Ein Teil der Laubhölzer, vor allem die Eiche, hat das Vermögen, einen Teil der Zweige nach Bildung einer Trennschicht in der Astbasis als „Absprünge" abzustoßen. Diese Fähigkeit, durch einen aktiven Ablösungsvorgang sich zu reinigen, haben nur wenige Holzarten, bei den übrigen werden die abgestorbenen Äste mehr oder minder rasch durch Pilze zersetzt und durch äußere Einwirkungen zum Abfall gebracht. Bei den Laubhölzern bleibt der sich zersetzende abgestorbene Ast fast stets nur wenige Jahre lang am Stamm haften und bricht fast in ganzer Länge dicht an der Ansatzstelle ab. Bei den Nadelhölzern dagegen zersetzt sich der trockene Ast nur sehr langsam und bricht in einzelnen Stücken ab, während der unterste Astteil von dem Stammholz umwallt wird. Je nach der Dauer dieses Vorgangs und der Schnelligkeit des Dickenzuwachses wächst ein mehr oder minder langes Stück des Trockenastes lose und spätere Verarbeitung störend in das Stammholz ein. Abb. 2 zeigt am Beispiel der Rotbuche und Fichte diese abweichende Astreinigung von Laub- und Nadelhölzern.

Der Astreinigungsvorgang bei der Rotbuche wurde zunächst zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht[1]). In der Basis abgestorbener Buchenäste findet sich eine charakteristische rotbraune, mehrere Millimeter breite Schutzschicht, die das abgestorbene und pilzbefallene Astholz von dem gesunden Stammholz trennt (Abb. 3). Diese Schutzschicht ist nicht eine Trennzone, wie sie sich bei der Ablösung der Absprünge bildet. Der Ast bricht vielmehr wenige Zenti-

[1]) Gelinsky, Die Astreinigung der Rotbuche, Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1936, 6.

meter oberhalb der Schutzschicht ab. Die Bildung dieser Schutzschicht beginnt mit dem Absterben des Astes und konnte in ihrem Verlauf beobachtet werden. Der seit längerer Zeit kümmernde Ast stirbt gegen Ende der Vegetationszeit ab und ist bereits im August durch Verfärbung der Blätter kenntlich. In seiner Basis haben sich in einer schmalen Zone, die den Ast durchquert, die Gefäße mit Thyllen gefüllt. In diesem Zustand überwintert der Ast, der zwar noch schwache

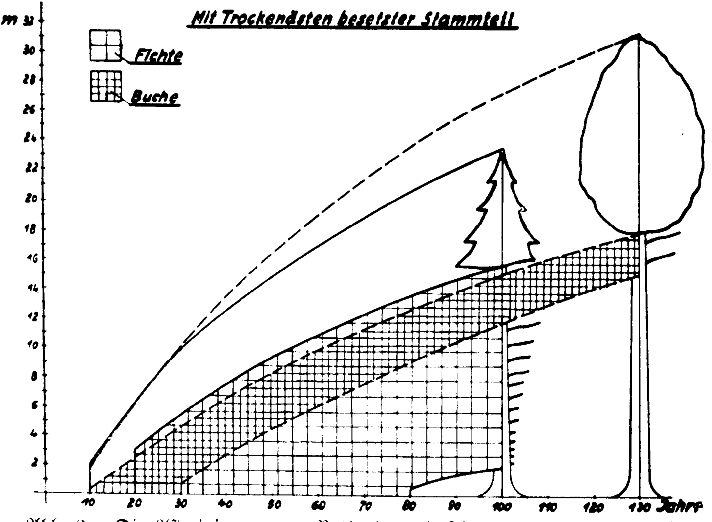


Abb. 2. Die Astreinigung von Rotbuche und Fichte (nach Aufnahmen in der Lehroberförsterei Bramwald).

Knospen gebildet hat, aber im Frühjahr nicht mehr austreibt. Während der nächsten Vegetationszeit wird diese Thyllenzone durch Einlagerung von Wundgummimassen in die Parenchymzellen und zwischen die Thyllenhäute verstärkt und auch wesentlich verbreitert. Die Art dieser Schutzbildungen ist offenbar die gleiche wie bei dem Schutzkern und der Wundholzbildung der Buche. Nur sind die Ablagerungen, und damit wohl auch die Schutzwirkung, sehr viel stärker als sonst. Der durch diese Schutzschicht abgetrennte und unter der Wirkung von Pilzen sich zersetzende Ast bricht in der Zeit zwischen dem 4. und 9. Jahre nach dem Absterben ab. Mechanische Wirkungen, unter deren Einfluß das endgültige Abbrechen erfolgt, sind vor allem plötzliche Schneelast und Sturm bei gleichzeitiger Nässe.

Gerade das Rotbuchenholz gehört — wie schon gesagt — verwendungstechnisch zu den Hölzern, bei denen die wichtigsten Nutzholzindustrien auf Verarbeitung astreinen Materials angewiesen sind. Rasche Astreinigung in der Jugend zu ermöglichen ist eine Aufgabe der Rotbuchenerziehung. Wenn nun auch das Abfallen des einmal ab-



Abb. 3. Längsschnitte durch zwei Rotbuchäste, die die fertig ausgebildeten Schutzschichten zeigen.

gestorbenen Buchenastes sehr rasch vor sich geht, so ist es doch nicht leicht, den Buchenast zum Absterben zu bringen. Astaufnahmen an den Bäumen verschieden stark durchforsteter Vergleichsflächen bewiesen zwar eindeutig, daß der dichtere Kronenschluß der herrschenden Stämme bei schwacher Durchforstung das Absterben befördert, daß aber erst erhebliche Dichthaltung diese Beschleunigung der Astreinigung praktisch wirksam werden läßt.

Damit ergibt sich die Frage, ob es nicht im Interesse der Stammpflege und zur Vermeidung des bei der sonst nötigen Dichthaltung unzweifelhaft eintretenden Zuwachsverlustes zweckmäßig und lohnend sei, zur künstlichen Astreinigung zu greifen. Untersuchungen über die Folgen der Grünästung[1]) ergaben, daß das Abschneiden oder Ab-



Abb. 4. Durch Grünästung trotz Teerung der Schnittfläche schwer geschädigter Stammteil. Bis zur untersten Schutzzone alles Holz weißfaul.

sägen lebender Buchenäste eine Einfallspforte für holzzerstörende Pilze öffnet, denen das Holz keinen genügenden Widerstand entgegensetzen kann. Die bis zu faustgroßen Faulstellen an den bei der Grünästung entstehenden Schnitten machen das Stammholz der betreffenden Bäume für Nutzholzverwendung untauglich (vgl. Abb. 4). Schutz-

[1]) Mayer-Wegelin, Grünästung der Rotbuche, Forstarchiv 1930, 22.

anstriche der Schnittflächen, welche das Eindringen der Pilze verhindern sollten, erwiesen sich als unwirksam. Dagegen führten Versuche, die die Wirkung des Stummelns oder Ringelns lebender Äste erprobten, zu praktisch nutzbaren Ergebnissen. Es ist möglich, mit ver-

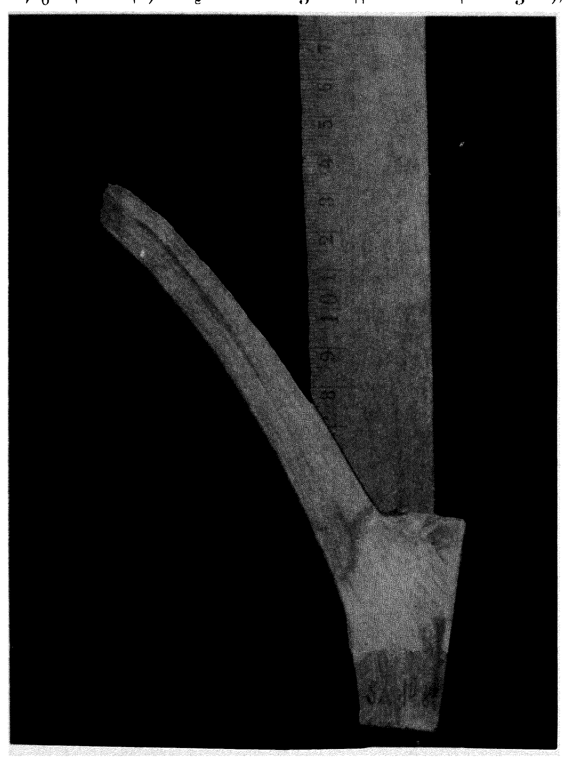


Abb. 5. Gestummelter Rotbuchenast, der deutlich eine Schutzschicht ausgebildet hat.

schiedenen Methoden, vor allem durch Stummeln, bis dahin lebende, aber schon im Kronenschatten wachsende Äste zur Bildung der beschriebenen natürlichen Schutzschicht in der Astbasis zu veranlassen (vgl. Abb. 5). Damit ist ein Weg zur nutzholzschonenden künstlichen Astreinigung gefunden, der beschritten werden kann, wenn es unter bestimmten Voraussetzungen wünschenswert und auch wirtschaftlich sein sollte, zur künstlichen Astreinigung der Rotbuche zu greifen mit dem Zweck, astreines Holz zu erziehen.

Während bei der Erziehung der Rotbuche die Hauptaufgabe darin besteht, ein frühzeitiges Absterben der jeweils unteren Kronenäste zu erzielen, liegt bei der Astreinigung der Nadelhölzer, besonders der Fichte, die zur Zeit Gegenstand umfangreicher Untersuchungen ist, das Schwergewicht auf der Forderung, ein möglichst rasches Abfallen der abgestorbenen Äste zu erreichen. Hier wird nun die künstliche Astreinigung eine viel bedeutsamere Rolle spielen als bei den Laubhölzern. Einmal deshalb, weil der zur Erzielung frühester Astreinigung sehr dichte Jugendschluß bei den heutigen Begründungsmethoden nur selten erreicht wird, ferner weil eine Veränderung des Schlußgrades durch verschiedene Durchforstungsmethoden viel weniger auf das Absterben der Äste von Einfluß ist [1]).

Die Astreinigung der Fichte und damit die von der Ästigkeit des Holzes abhängige Holzqualität schwankt in verschiedenen Standorten und Wuchsgebieten innerhalb weiter Grenzen [2]). Die laufenden Untersuchungen beschäftigen sich mit der Frage, wie weit solche Unterschiede durch Verschiedenheiten des Astholzes selbst oder durch Veränderungen des Holzes beim Absterben der Äste oder durch Verschiedenheiten der die Astreinigung beeinflussenden äußeren Bedingungen herbeigeführt werden.

Damit sind die Probleme der Forschungsrichtung kurz aufgezeichnet. Erst die Ergebnisse solcher Untersuchungen werden ein Urteil ermöglichen, unter welchen Verhältnissen und an welchen Orten eine künstliche Astreinigung Aussicht hat, den Holzwert lohnend zu erhöhen und überhaupt die Fragen zu beantworten, unter welchen Umständen höchste Massenproduktion oder höchste Wertproduktion unter Anwendung natürlicher oder künstlicher Mittel das Ziel der Waldbehandlung sein muß.

[1]) Brunn, Jahrringbreite und Ästigkeit der Fichte, Silva 1932, 20.

[2]) Brunn, Untersuchungen über die Astreinigung von Fichtenbeständen, Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1931, 4.

Zur Frage der mehrstöckigen Böden.

Von Arthur Freiherr von Kruedener.

In folgender kurzer Abhandlung sollen Begriff und Merkmale der mehrstöckigen Böden sowie ihre Bedeutung in der Forstwirtschaft an Hand einiger Beispiele dargelegt werden.

Was ist nun unter mehrstöckigen Böden zu verstehen? —

Bei den Waldböden müssen wir — im Gegensatz zu den Ackerböden — mit ungleich mächtigeren Bodenschichten rechnen. Ihre Kenntnis auf eine Tiefe von mehreren Metern kann daher für die Beurteilung der Wuchsverhältnisse und Wuchsmöglichkeiten für die in Betracht kommenden Holzarten von einschneidender Bedeutung sein.

Dies gilt durchaus nicht nur für geologisch kompliziert aufgebaute Böden, wie wir sie häufig in Süddeutschland, besonders aber im Bayerischen Hügelland antreffen. Auch in mehr oder weniger reinen Diluvialgebieten Norddeutschlands ist es notwendig, sich über die verschieden gearteten Waldböden auf größere Tiefe ein deutliches Bild zu machen.

Hierbei zeigt es sich, daß es — von einem klaren Vorliegen ganz einheitlicher Böden auf große Tiefe abgesehen — unmöglich ist, einen Waldboden seinem Charakter, seiner aktuellen und potentiellen Bodenproduktionskraft nach richtig zu beurteilen, wenn man den Boden nur auf geringe Tiefe untersucht.

Die Tiefe der jeweilig zur Feststellung eines mehrstöckigen Bodenaufbaus nötigen Bodeneinschläge oder Bohrungen wird davon abhängen, inwieweit die unteren Schichten von Einfluß auf Bodenbildung und Pflanzenwachstum sind oder sein können.

In vielen Fällen wird es sich dem Aufbau nach um uneinheitliche Böden handeln, die, aus verschiedenen Zonen, bzw. Schichten aufgebaut, gleichsam 2 und mehr in sich einheitliche, aber voneinander doch deutlich verschiedene Etagen [1]) — sagen wir lieber Stockwerke — bilden. Wir können dann von 2-, 3- und mehrstöckigen Böden sprechen.

[1]) Wenn ich auch früher oft den Ausdruck 2- und mehretagig angewandt habe, so dürfte es doch richtiger sein, von zwei und mehrstöckigen Böden zu sprechen.

Ein mehrstöckiger Aufbau der Böden kann auf deren verschiedener geologischer Herkunft, aber auch auf später vor sich gegangenen, vorzüglich architektonisch-physikalisch-chemischen Veränderungen beruhen. — Wie die Gegenwart sich auf der Vergangenheit aufbaut, so auch hier. In erster Linie sei hier daher ein an sich rein historisches, abiologisches Moment erwähnt. Es ist dies die geologische Entstehung, die Herkunft, welche richtunggebend für die jeweilige Bodenbildung im engeren Sinne ist.

Interessieren den Forstmann auch naturgemäß ungleich mehr die biologischen Faktoren und ihre Auswirkungen, so ist damit noch nicht gesagt, daß wir das Geologische übersehen dürfen. Es ist und bleibt für den Forstmann der Ausgangspunkt und die Grundlage jedweder weiteren Beurteilung eines Bodens auch im biologischen Sinne.

Daher müssen wir im weiteren bei gegebenen architektonisch-physikalisch-chemischen Verhältnissen auch die Faktoren Luft, Wasser, Wärme als entscheidend mit einbeziehen, welche in ihrer Gesamtheit das Bodenklima bilden, die Verwitterung einleiten, ihren Verlauf regeln. Das Erscheinen und Gedeihen von Makro- und Mikroflora (und auch -fauna) wird ausschlaggebend von diesen Faktoren beeinflußt.

Soweit sich Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt innerhalb des natürlich möglichen unterirdischen Ausbreitungs- und Lebensbetätigungsraumes der aufstockenden Bestände ungefähr gleichmäßig auswirken, kann auch von einem biologisch einheitlich aufgebauten Profil gesprochen werden. Daher können wir auch ein normales Ur- oder Grundgesteinsverwitterungsprofil trotz physikalisch und chemisch verschiedenen Aufbaues, wie Braunerde und meist noch degradierte Braunerde, nicht als mehrstöckigen Boden ansprechen. Hingegen müssen wir u. U. ihrem Aufbau nach ursprünglich einheitliche Profile, die der eigentümlichen Art ihrer Verwitterung bzw. Bodenbildung nach sich allmählich nicht nur nach Bodenart und Zusammensetzung, sondern auch der Bodenform nach s c h a r f unterscheiden, schon zu den mehrstöckigen Böden zählen (z. B. einen sandigen Boden auf durch Kieselsäure verfestigten Sandplatten; einen typischen Podsol mit fester Ortsteinplatte oder ein Raseneisensteinprofil; in allen Fällen aus ebendemselben Material).

Es soll hier im weiteren schon der Kürze des Raumes wegen keine — übrigens noch in Arbeit begriffene — Klassifikation der mehrstöckigen Böden gegeben, sondern bloß eine Reihe verschiedener Fälle

aus der Praxis unserer Untersuchungen herausgegriffen werden, sofern sie die Ebene und das angehende Bergland betreffen.

Vorläufig sei hier aus Gründen der erleichterten Besprechung eine Teilung in 2 Gruppen innerhalb der Mineralböden vorgenommen.

I. Geologisch in bezug auf Formation, Stufe oder Unterstufe voneinander verschiedene, mehrstöckig aufgebaute Böden.

1. Als Beispiel seien hier Sand auf Sand verschiedener geologischer Herkunft, Diluvial-Sande auf Burgsand angeführt [1] [2]). Es werden sich hier bei der ungefähr gleichen Körnung nur so geringfügige Unterscheidungsmerkmale zeigen, daß ihre Unterteilung in 2 Stockwerke, obwohl der Entstehung nach vorhanden und meist der Färbung oder sonstigen Merkmalen nach sichtbar, praktisch doch nicht gerechtfertigt werden kann. Nicht nur der architektonische Aufbau, die Bodenart (die Körnung), sondern auch die chemische Zusammensetzung können so ähnlich sein, daß sie auch biologisch, in bezug auf Wärme-, Luft- und Wasserhaushalt, ihrem Bodenklima nach als einheitlich aufgefaßt werden müssen. Sie werden mehr oder weniger gleichmäßig durchlüftet, gleichmäßig durchfeuchtet, sie haben dieselbe Wasserkapazität und kapillare Hubkraft. Auch in bezug auf Wärmeleitung werden sich keine Unterschiede finden.

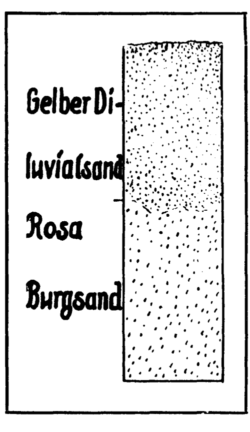


Abb. 1.

Der Boden ist daher praktisch biologisch gleich. Bodenbehandlung, Verjüngungs- und Bestockungsziel werden sich — unabhängig vom Vorhandensein zweier geologisch verschiedener Schichten von Sand auf Sand — auch gleichbleiben. —

2. Ganz anders gestaltet sich die Frage, sobald wir bei geologischer Verschiedenheit auch verschiedene Bodenarten, so Sand auf Lehm (oder Letten) vor uns haben. Das obere Stockwerk wird dann eher arm, das untere eher mineralisch reich sein. Bei größerer Nähe des unteren

[1]) z. B. in Mittelfranken.

[2]) S. d. Zeichnung 1.

Stockwerkes und günstiger Körnung des oberen kann hier beispielsweise dieses, dank dem Zurückgehaltenwerden des Wassers über dem unteren, sich durch einen besseren Wasserhaushalt auszeichnen. Zugleich wird auch ein besserer Nährsalzhaushalt durch das Aufsteigen von Nährsalzen in die sandige obere Schicht erreicht. Das auffallend gute Wachstum kleinerer oder größerer Bestandspartien inmitten im übrigen geringwüchsiger Bestände ist häufig nur auf das Vorhandensein so aufgebauter 2stöckiger Böden zurückzuführen (z. B. auf großen Flächen Frankens, der Oberpfalz usw.).

Die geologische Verschiedenheit wirkt sich hier — im Gegensatz zum ersten Falle — also auch biologisch verschieden aus.

Je gröber und daher durchlässiger der Sand, je geringer die kapillare Hubkraft und je mächtiger das obere sandige Stockwerk ist, desto schwieriger wird hier ein natürlicher Ausgleich zwischen oberem und unterem Stockwerk vor sich gehen und desto augenscheinlicher wird auch der biologische Unterschied zwischen beiden werden. Schließlich behält das untere Stockwerk für das obere nicht einmal mehr die Bedeutung eines wassertragenden Horizontes, sobald es nämlich nicht mehr unmittelbar oder kapillar vom aufstockenden Bestand nutzbar gemacht werden kann, das obere Stockwerk der Bodenart nach zu grob, bzw. seiner Mächtigkeit nach zu hoch ist. Das Profil ist nunmehr einstöckig. —

3. Im umgekehrten Falle z. B. Lehm (oder Letten) auf Sand gestaltet schon bei relativ geringer Mächtigkeit das erste obere Stockwerk das Profil biologisch einstöckig. Hier steht umgekehrt der geringen Durchlässigkeit und großen kapillaren Hubkraft der oberen Schicht häufig eine Unterschicht mit geringer Hubkraft gegenüber, die daher für Wasser- und Nährsalzzufuhr nach oben kaum ins Gewicht fällt. Dazu kommt eine unmittelbare Nutzung des unteren Stockwerkes durch die Wurzeln des aufstehenden Bestandes wegen Luft- und Wassermangel nicht oder kaum mehr in Frage.

Der Forstmann hat hier bei nicht zu tiefer Lehm- bzw. Lettenauflage die Aufgabe zu lösen, durch mechanische Bodenbeeinflussung auf künstlichem oder natürlichem Wege einen Ausgleich zu schaffen, d. h. einen Teil von den zu reichlich vorhandenen Feinteilen des 1. Stockwerkes dem 2. unteren zuzuführen und dadurch das Gesamtprofil tiefgründiger zu gestalten. In solchen Fällen kann tiefe Bodenbearbeitung zu guten Resultaten führen (so Motorpflügen und sogar das sonst mit Recht so verpönte Stockroden). Im übrigen wird es sich

um ständige Bodenlockerung durch Wahl geeigneter Holzarten, die sich entweder mit weniger Luft begnügen können oder sie, dank der Konstruktion ihres Wurzelwerkes leichter mit sich zu führen befähigt sind, handeln. Erst dann, wenn auch die untere Schicht einigermaßen in den Kreislauf des unterirdischen Bestandeslebens mit einbezogen ist, können wir von einem biologisch mehrstöckigen Profil sprechen. —

4. Betrachten wir nun einen interessanten aber viel häufiger, als man ahnt, und dabei mitunter auf größerer Fläche vorhandenen Sonderfall aus dem Forstamt Schwabach in Mittelfranken zu dem vorher besprochenen Beispiel Sand über Lehm (oder Letten)[1]), bei dem wir es mit einer schiefen Ebene des unteren inneren Reliefs, bisweilen zugleich auch des oberen zu tun haben. Hier kann ein derart rascher Wasserabfluß über dem wassertragenden unteren Stockwerk vor sich gehen, daß sich ein „Zwischenstockwerk", ein wasserführender Horizont bildet. Dieses Stockwerk des Schwemm- und Fließsandes, aus Mischprodukten, in der Hauptsache vom früheren 1., weniger vom 2., jetzt 1. und 3. zusammengesetzt, führt mit sich vergrößernder Entfernung vom Bildungsherd und wachsender Vorflutstärke durch Druck oder Gefällesteigerung immer mehr Feinteile mit sich. Das obere Stockwerk wird hierdurch immer mehr ausgewaschen und ausgepowert. Unterirdisch wird aber nicht nur dieses, sondern auch das neu entstandene jetzt 2. Stockwerk durch den ständigen Verlust an Feinteilen immer mehr ausgehöhlt und kann dann im Bereiche der hier vor sich gehenden stärkeren Wasserbewegung sogar zum Einsturz gebracht werden. Zur Bildung von Eisen-Mangankonkretionen kommt es dabei meist nicht, da das Eisen und Mangan zu rasch in Lösung weggeführt wird.

So können Böden, deren unteres Stockwerk anfangs noch an den bodenbildenden Prozessen und biologischen Vorgängen des oberen Stockwerkes teilnehmen konnte, allmählich biologisch gleichsam einstöckig werden. Zwischen dem immer gröber werdenden oberen Stockwerk und dem unterliegenden wassertragenden Horizont schaltet sich das oben erwähnte, aus gröberem Material bestehende, das feinere Material abgebende wasserführende Zwischenstockwerk ein. Eine Verbindung von unten nach oben ist nur zu Zeiten höheren Wasserstandes im Boden gegeben.

---

[1]) S. d. Zeichnung 2.

Aufgabe des Forstmannes wird es hier sein, durch entsprechende Bodenwirtschaft, mechanische Eingriffe, Holzartenwahl, entsprechendes Verjüngungs- und Bestockungsziel dieser unsichtbaren und daher um so gefährlicheren unterirdischen Ausschlämmung Einhalt zu tun und das obere Stockwerk wasserhaltender zu gestalten. Vor allem muß das schon vorhandene Wurzelpfahlwerk erhalten bleiben; daher darf hier unter keinen Umständen Stockrodung stattfinden. Sodann muß für ein neues „Pfahlwerk" nachhaltig gesorgt werden. Je nach der Mächtigkeit der einzelnen Profile, der Stärke des Wasserdruckes und des Gefällegrades wird es dichter oder lockerer angelegt und wird zugleich eine engere oder weitere Maschenweite des Wurzelnetzes angestrebt werden müssen. Schwarzerle, Birke, Eiche, Linde, auch Buche kommen hier unter den Laubhölzern je nach dem in Frage. Hierbei wird jede Holzart ihre Sonderaufgabe zu erfüllen haben. Unter den Nadelhölzern sind es vor allem die Fohre und erst nach stärkeren Wasserabgaben die Fichte in Profilen mit geringer ausgebildetem oberen Stockwerk. —

5. Ähnliche Bildungen wie auf der schiefen Ebene des inneren

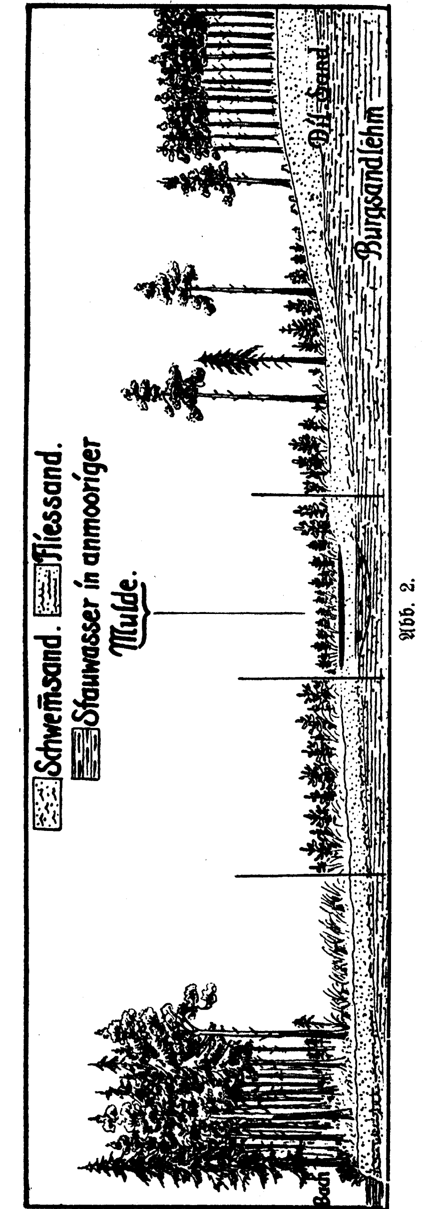


Abb. 2.

Reliefs beobachten wir häufig bei **Hanglagen**, wo bei 2 geologisch verschiedenen Stockwerken das obere durchlässig, das untere wassertragend ist und zwar derart, daß es oft als Quellhorizont dient. Was im vorhergehenden Beispiel sich mehr oder weniger noch in der Ebene abspielte, geht hier schon im Hügel- bzw. Bergland vor sich. Dementsprechend sind Wasserdruck und Vorflut ungleich stärker und zugleich auch alle zerstörenden Kräfte. Konnte es im vorhergehenden Falle zu Erdsenkungen, Rinnen-, Senken- und Muldenbildungen, zur Schwemmsand- bis lokal sogar zur Fließsandbildung kommen, so hier bereits zu Unterspülungen, die Erdeinstürze, Erdrutsche, Abspülungen des oberen Stockwerkes, ja selbst flächenweises Abwandern desselben hangabwärts zur Folge haben [1]).

Die Ursachen sind auch hier dieselben: ein zu rascher Wasserabstieg durch das obere Stockwerk auf das untere, dadurch — wie vorher beschrieben — ein Sich-Einschieben eines mitunter sehr kleinen Zwischenstockwerkes, das labil, d. h. unbeständig in seiner Ausdehnung und Mächtigkeit, aber ständig mehr oder weniger mobil, zur Gefahr für die Stabilität des oberen Stockwerkes wird. Die größere Energie und Intensität dieser Vorgänge bewirken auch akute Erscheinungen. Diese zeitigen — außer den erwähnten inneren und auch äußerlich bald sichtbaren, das Erdreich betreffenden Vorgängen — auch noch äußerlich sichtbare, die Bestände betreffende Erscheinungen. Hierzu gehören: Wandern, Schrägstellung, Umstürzen der Bäume und Sträucher und Abrutschen der lebenden Bodendecke.

Solche Fälle treffen wir im Keuper besonders häufig, z. B. bei sandigem Rät auf Zanklodonletten, bei Blasensandstein auf oberem Gipskeuper und in anderen Fällen; im Braunen Jura bei Sanden des Eisensandsteins auf Opalinustonen, ganz abgesehen von großen katastrophalen Abrutschungen im Gebirge. Daß die Gefahren bei Fehlen jeglicher Bestockung oder infolge gewaltsamer Eingriffe (Kahlschläge an Ort und Stelle sowie auch oberhalb) wegen des Fehlens der Baumpumpen sich wesentlich steigern, liegt auf der Hand.

Stark wurzelnde Holzarten, deren Wurzelwerk früh und intensiv in die Tiefe geht, mechanisch alle Stockwerke gleichsam mit Rammpfählen durchdringt, sowie auch mit einem dichten Wurzelnetz festigt — sind auch hier am Platze. Gerade in solchen Fällen ist bei der Bestandesbildung eine genügende Beteiligung von Laubhölzern wie

---

[1]) S. d. Zeichnung 3.

Eiche, Schwarzerle, Buche und auch tiefwurzelnder Nadelhölzer (Lärche) notwendig, die zudem noch durch eine geringere Hebelwirkung (z. B. gegenüber der leicht flachwurzelnden Fichte mit ihrer immergrünen dichten Krone) den Boden „ruhiger" machen. —

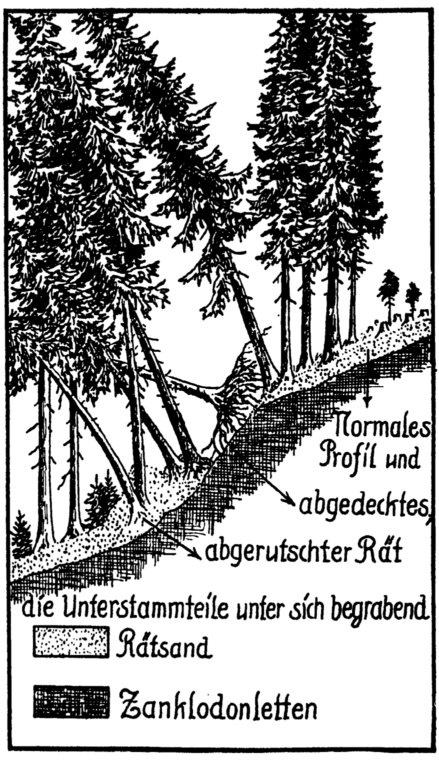
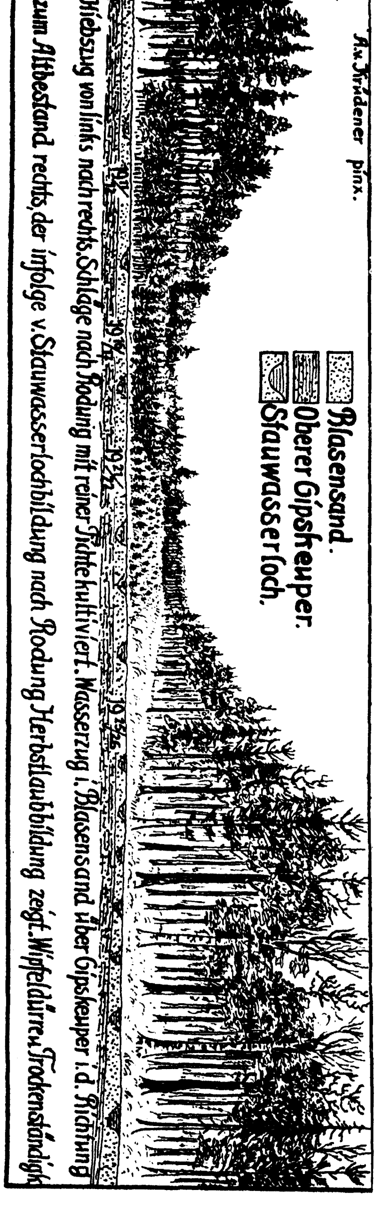


Abb. 3.

6. Handelt es sich aber im Gegensatz zu den früher besprochenen Fällen auf Fastebenen um Mulden oder Absätze des inneren Reliefs, so kann es zu Gleibildungen oder auch zur Podsolbildung mit Orterde- bis Ortsteinbildungen kommen. In beiden Fällen hätten wir dann einen geologisch nur 2stöckigen, jedoch architektonisch-physikalisch-chemisch und zugleich biologisch mehrstöckigen Boden vor uns, da dann innerhalb des sandigen oberen Stockwerkes noch mehrere Stockwerke unterschieden werden können. —



Hiebszug von links nach rechts. Schläge nach Rodung mit reiner Fichte kultiviert. Wasserzug i. Blasensand über Gipskeuper i. d. Richtung zum Altbestand rechts, der infolge v. Stauwasserlochbildung nach Rodung Herbstlaubbildung zeigt. Wipfeldürre u. Trockenständigk

Abb. 4.

7. Es kann aber auch mit der Abnahme des Wasserzuges zu Stauwasseransammlungen kommen, statt zu Wasserzuggleibildungen zu Staugleibildungen, zu Versumpfungserscheinungen des inneren Reliefs, oder auch des äußeren, zur Bildung anmooriger oder mooriger Bodenkomplexe, zur Flachmoorbildung (Molina-, Molina-Carex-Grasmoore, Eriophorum- und Sphagnum-Moore).

Von uns sind in Mittelfranken infolge von Stockrodungen selbst auf schiefer Ebene Fälle von Stauwasseransammlungen beobachtet worden, wo mitten im Sommer das Buchen- und Eichenlaub sich braun färbte, wie im Herbst, Tanne Fohre und Fichte ihre Nadeln verloren, die Bäume wipfeldürr wurden[1]).

In all solchen Fällen können künstliche und natürliche Maßnahmen in Betracht kommen, und zwar Entwässerungen, einerseits künstlich-mechanische durch Gräben, andererseits natürlich-biologische durch Einbringung intensiv wasserpumpender Holzarten. Erstere sind teuer, zudem sehr mit Vorsicht auszuführen, um nicht zugunsten einer viel kleineren Fläche größere Flächen der Umgebung, durch welche die Gräben ge-

[1]) S. d. Zeichnung 4.

führt werden müssen, buchstäblich „aufs Trockne" zu setzen. Der Vorzug ist, wie meist, den natürlichen Maßnahmen, hier Einbringung von früh und stark pumpenden Holzarten wie Birke und Schwarzerle zu geben. Diese können sich erstens nicht schädigend für die Umgebung auswirken, und zweitens ist die Möglichkeit gegeben, ihren Anbau und ihre Bestockungsdichte jederzeit zu regeln[1]). Was die Einbringung weiterer Holzarten anbetrifft, so werden hier außer Laubhölzern vor allem die Fohre, dann auch die Fichte in Betracht kommen, kaum aber, wenigstens vorläufig, die Lärche und Tanne. Hierbei ist nicht zu vergessen, daß die Fohre — im Gegensatz zur Fichte — Stauwasser gut verträgt, dagegen die Fohre — wiederum im Gegensatz zur Fichte — keinen zu starken wechselnden Wasserzug. Die Fichte wird im letzteren Falle leicht rotfaul. —

8. Zu den geologisch mehrstöckig aufgebauten Böden gehören auch die sog. Albüberdeckungen auf weißem Juragestein (Malm), die hier als weiteres Beispiel Erwähnung finden mögen. Bald haben wir es hier mit Löß zu tun, bald mit Tertiär oder Kreideablagerungen u. a. Es ist klar, daß hier große Verschiedenheiten auftreten können. So geben die fruchtbaren Löße im Donau- und Altmühltal den Eichen ihren Ruhm, während gleich nebenan arme Kreidesande mit durchlässigen Böden auf Jurakalk nur Wagnereichen hervorbringen. Bei solchen sog. Albüberdeckungen haben wir es oft mit ausgewaschenen, verarmten, verdichteten Böden des 1. Stockwerkes über dem reichen zweiten des weißen Jura zu tun.

8a. Handelt es sich um ein wasserundurchlässiges 1. Stockwerk (wie z. B. bei verändertem Löß oder Kreideletten), so wird es hier Aufgabe des Forstmannes sein, dieses wasserdurchlässiger zu gestalten und seine Hubkraft zu vermindern, um allzu rascher Austrocknung vorzubeugen, zugleich dasselbe durch Nährsalzzufuhr aus dem 2. Stockwerk von unten aus zu bereichern. Hier wird es sich in erster Linie um Auflockerung des 1. Stockwerkes durch eine intensive Wurzelarbeit der zu wählenden und Erhaltung des vorhandenen Wurzelwerkes der abgetriebenen Holzarten handeln. —

8b. Umgekehrt werden sich die Verhältnisse dort gestalten, wo tertiäre oder Kreidedecken sandigen Charakters auf

[1]) Hierbei soll noch betont werden, daß bei „künstlicher" Entwässerung (durch Gräben) dem Walde nicht nur das Wasser, sondern auch die darin gelösten Nährsalze entzogen werden. Dagegen bleiben bei „natürlicher" Entwässerung durch pumpende Holzarten diese Nährsalze in Form der Bestandesabfälle dem Boden erhalten.

Verwitterungsböden des Weißen Jura zu liegen kommen. Hier kann man deutlich die Abstufungen: Kreidesand auf lettiger Juraverwitterung, die ihrerseits auf noch weniger verwittertem Lehm und dann auf erst im Anfangsstadium der Verwitterung befindlichem Kalksand über Kalkstein lagert, verfolgen.

Unter normalen Verhältnissen wird hier ohne weitere Schwierigkeit außer dem 1. oberen Stockwerk auch das 2. untere nutzbar gemacht werden können, sofern die obere Schicht nicht zu mächtig ist. Forstlich bieten solche Fälle in bezug auf Bodenbehandlung, Verjüngungs- und Bestockungsziel in der Regel keine Probleme. —

8c. Mitunter liegt aber z. B. über Kreidesand wieder ein Verwitterungsboden des Jura als lehmige Überdeckung. Es ist dies eine Folge des Zusammenbruches von aus der Kreidedecke hervorragenden riffartigen Kalkgesteinskuppen [1]), die im Laufe der Zeit, immer Wind und Wetter ausgesetzt, einstürzten und die Kreidedecke ringsum überschütteten. Wir haben dann einen vielstöckigen, geologisch sich regelrecht in seiner Schichtenfolge wiederholenden Bodenaufbau, wo Oberboden, Unterboden, Untergrund von älteren Oberboden- und Unterbodenschichten mit ihrem Untergrundgestein abgelöst werden (bes. häufig in der sog. Fränkischen Schweiz in Bayern).

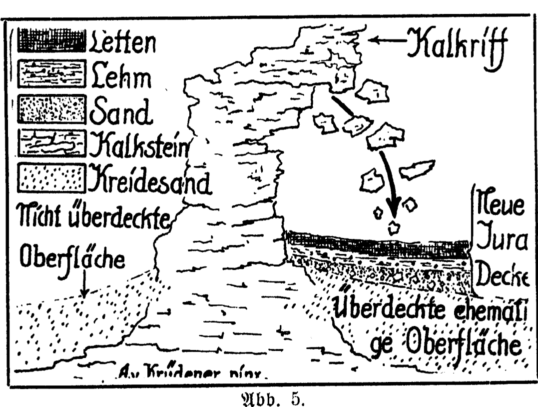


Abb. 5.

Daß hier architektonisch-physikalisch-chemisch die verschiedensten Schichtungen zu beobachten sind, die auch biologisch ungemein wechseln, ist selbstverständlich.

[1]) S. d. Zeichnung 5.

Die forstlichen Maßnahmen haben hier dem jeweiligen Bodenaufbau Rechnung zu tragen.

9. Zu den geologisch mehrstöckigen Böden gehören ebenfalls die Überrollungsböden, die immer an Unregelmäßigkeiten des Reliefs gebunden sind, besonders aber an Hanglagen auftreten. Ich erwähne hier Extreme: ein feinkörniges Stockwerk auf einem grobkörnigen, oder umgekehrt ein grobkörniges auf einem feinkörnigen.

Als erstes Beispiel können wir Schotter auf Löß heranziehen. Miozäne Sande mit Kies auf Löß, wie wir sie in Ostbayern z. B. bei Passau, antreffen. Hier handelt es sich um 2 geologisch ganz verschiedene Stockwerke, die auch verschieden in all ihren Eigenschaften sind. Die grobe Architektonik des 1., oberen Stockwerkes gibt diesem ein besonderes Gepräge. Die Kleinsteinbeimengungen beim Vorherrschen von im übrigen sandigen Elementen (wenn auch mit etwas tonigen Teilen), die dazu sehr nährsalzarm sind, unterscheiden sich scharf vom unteren Stockwerk. Mit zunehmendem Stein- und abnehmendem Sandgehalt wächst dieser Unterschied rapid. Immer werden diese Böden nicht nur geologisch, sondern auch biologisch stark differenziert sein. Bei größerer Mächtigkeit des oberen Stockwerkes kann auch hier der Boden sich biologisch als einstöckig erweisen. Je geringer das obere Stockwerk ist, desto leichter wird eine Beeinflussung desselben durch das untere im Bereiche des Möglichen und forstwirtschaftlich Gegebenen liegen.

Bei Hanglage kann das obere Stockwerk noch durch ein Deluvium vorteilen; auf Absätzen dagegen kaum mehr, und es werden bestenfalls nur noch illuviale Vorgänge von unten in Erscheinung treten.

Aufgabe der Forstwirtschaft in all den letztgenannten Fällen wird es sein, ein Illuvium nach oben durch entsprechende Bodenbehandlung, Holzartenwahl, richtiges Verjüngungs- und Bestockungsziel einzuleiten und damit die Extreme beider Stockwerke möglichst zu mildern. —

10. Hätten wir es nicht mit einer Überrollung zu tun, läge hier Löß auf Schotter, so verlöre das 2., untere Stockwerk mit zunehmender Mächtigkeit des oberen, biologisch genommen, an Bedeutung. Und dies um so mehr, je stärker der Löß vor Urzeiten durch Auswaschung, Verringerung seines Porenvolumens mit folgender Verdichtung, Steigerung der Wasserundurchlässigkeit und zugleich der kapilaren Hubkraft im ungünstigen Sinne verändert wurde. Mit abnehmender

Mächtigkeit des 1. Löß-Stockwerkes dagegen gewönne das 2., untere, immer mehr an biologischer Bedeutung als evtl. „Gefahrenzone“ für ein ungehindertes Abwandern von Wasser und Nährstoffen aus dem 1. Stockwerk nicht nur in, sondern auch durch das 2.

Die forstwirtschaftliche Behandlung derartiger Fälle, Löß auf Schotter, wird denen von Lehm (oder Letten) auf Sand in mancher Hinsicht mit zunehmender Entartung des Lösses ähnlich werden, sofern der Schotter nicht zu grob ist. Häufig wird man sich jedoch bei den meist noch kräftigen Lößböden mit einer intensiven Ausnutzung des oberen Stockwerkes begnügen.

II. Innerhalb der gleichen geologischen Unterstufe mehrstöckig aufgebaute Böden.

Im Gegensatz zu den geologisch in bezug auf Formation, Stufe und Unterstufe mehrstöckigen Böden mit ihrem im übrigen teils vorhandenen, teils nicht vorhandenen biologisch mehrstöckigen Aufbau, sind — abgesehen von reinen Verwitterungsprofilen — die geologisch derselben Unterstufe angehörenden, aber architektonisch-physikalisch-chemisch mehrstöckigen Böden in der Regel auch biologisch mehrstöckig.

Hierbei ziehen wir also die Grenze sehr eng, nehmen sie innerhalb ein und derselben Unterstufe. Denken wir beispielsweise nur an den Rät mit seinen Lettenschichten und -bänken, ebenso den Blasensandstein und den Burgsandstein im Keuper, an das Tertiär und die Kreide.

Hier finden wir den deutlich verschiedenen architektonischen Aufbau, die verschiedene Körnung, den verschiedenen Chemismus der Stockwerke, deren eines beispielsweise das *sandige Element*, deren anderes das *tonige* zum äußeren Hauptmerkmal hat. Wir haben es hier meistens mit voneinander sich deutlich unterscheidenden Schichten zu tun, deren Trennung in Stockwerke mitunter linienscharf, mitunter etwas verschwommen ist. Das Resultat dieser Verschiedenheit ist auch ihre biologische Verschiedenheit. —

1. So können wir auch hier 2stöckige Böden, *Sand auf Lehm* (oder Letten) als Parallelböden zu den in I vorher erwähnten Böden geologisch verschiedener Stockwerke antreffen. Ihre Wertung und die wirtschaftlichen Folgerungen werden auch hier dieselben sein, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen wird. —

2. Ein interessantes Beispiel eines bei geologischer Einheitlichkeit architektonisch und damit auch biologisch mehrstöckig aufgebauten Bodens sind viele Phyllitböden. In einem Stockwerk Phyllitsand feinster Körnung, zur Dichtlagerung neigend, kaum wasserdurchlässig, von großer Hubkraft und nährsalzarm, im anderen Phyllittrümmergestein, locker gelagert, schon mehr als nur wasserdurchlässig, ohne Hubkraft und ebenso nährsalzarm. Je nachdem, welche Tiefe jedes der 2 Stockwerke aufweist, je nach der Lagerung des erstgenannten oben, des letztgenannten unten oder umgekehrt, im besonderen je nach der Mächtigkeit des jeweilig oberen Stockwerkes, finden wir auch die größten Unterschiede im Wuchse unserer Holzarten.

Bei geologischer Einheitlichkeit, wenn auch architektonisch-physikalisch-chemischer Verschiedenheit kann ein Boden in seiner biologischen Wertung noch als einheitlich und als einstöckig angesehen werden, solange im Verlaufe der Bodenbildungsvorgänge die bereits eingangs erwähnten Faktoren des Bodenklimas sich innerhalb der einzelnen Schichten noch nicht wesentlich voneinander unterscheiden (s. d. Definition in der Einleitung).

2a. Nehmen wir als einfachstes Beispiel eine normale Urgesteinsverwitterung[1]). Trotz der Differenzierung in verschiedene Horizonte sind die für das Wachstum des aufstockenden Bestandes ausschlaggebenden Verhältnisse kaum voneinander verschieden.

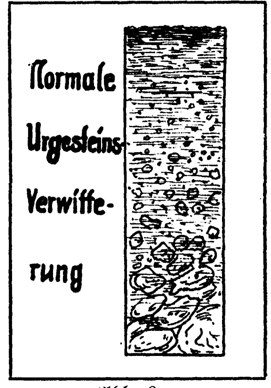


Abb. 6.

2b. Komplizierter ist schon die normale Kalkverwitterung[2]) in ihren Verwitterungsstadien: Sand - lehmiger Sand - Lehm - Letten. Solange das Endprodukt, Letten, keine allzu große Mächtigkeit erreicht, können die erwähnten bodenklimatischen Faktoren sich in den einzelnen Schichten ungehemmt auswirken, das Profil bleibt auch biologisch einstöckig. Je mächtiger aber das obere tonige Stockwerk wird, desto weniger können sie sich ungehemmt in jeder einzelnen Schicht auswirken und ausgleichen. Der Boden wird biologisch mehrstöckig.

---

[1]) S. d. Zeichnung 6.

[2]) S. d. Zeichnung 7.

Bei weiterem Verwitterungsfortschritt kann allmählich der „Tondeckl“ [1]) so mächtig werden, daß es keiner Holzart mehr gelingt, diesen durchzustoßen; der Boden ist wieder biologisch einstöckig, zugleich aber auch flach geworden.

Hierbei soll darauf hingewiesen werden, daß, je nachdem das Gestein mehr oder weniger dolomitisch, der Silikatgehalt oder Kalkgehalt hochprozentig ist, auch der Verwitterungsgang — abgesehen von klimatischen und anderen Ursachen — ein mehr oder weniger intensiver

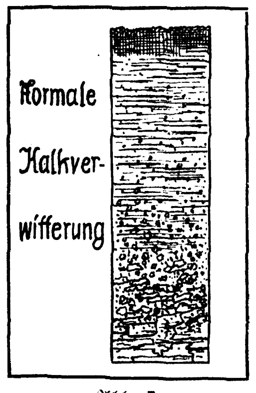


Abb. 7.

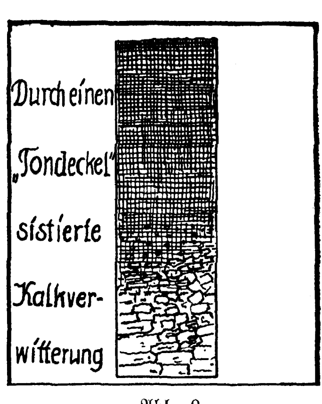


Abb. 8.

sein wird. Je kalkreicher das Gestein, je kieselärmer, desto geringer wird das Stockwerk Sand über dem Kalkgestein sein, desto eher die Verlehmung bis Vertonung vor sich gehen. Das tonige Stockwerk wird mit steigender Mächtigkeit den Verwitterungsvorgang verlangsamen, bis zuletzt die weitere Verwitterung durch den „Tondeckel“ so stark gehemmt wird, daß das Stockwerk Sand fast verschwindet. Damit ist eine weitere Aufschließung der Tiefe nach fast zum Stillstand gebracht und der Boden architektonisch zwar mehrstöckig geblieben, biologisch aber einstöckig geworden. —

3. Auch hier können wir wie bei I Überstürzungen von hervorragenden Kalkgesteinskuppen beobachten und ein Übereinanderliegen von Stockwerken: Letten-Lehm-lehmiger Sand-Sand Kalkgestein in mehrmaliger Wiederholung, also gleichsam ein mehrstöckiges Gebilde über dem anderen antreffen. —

[1]) S. d. Zeichnung 8.

4. Biologisch einstöckig sind schließlich die Humuskarbonat- oder Rendzinaböden, die sich bei Nichtausbildung der Vertonungsschicht — wie wir dies bei kalkreichem Verwitterungsgestein unter Wassermangel finden — bilden. —

5. Als weiteres Beispiel der Verwitterungsprofile können die in der Einleitung bereits erwähnten Podsolprofile angeführt werden. Eine Podsolschicht ist stets als Stockwerk zu werten, da sie sich architektonisch-physikalisch-chemisch wie auch biologisch deutlich von der untergelagerten Schicht abhebt. —

Bei Gelegenheit der Erörterung einfacher Verwitterungsprofile sei darauf aufmerksam gemacht, daß auf vielen geologischen Karten Gesteine gleichsam als einheitlich bezeichnet werden, die es an und für sich sowie bez. des Verwitterungsganges nicht sind. Als Beispiel seien hier der Gneis und der Löß angeführt.

So können wir bei ersteren Böden verschiedene Stockwerke haben, wie den feldspatreichen Gneis und den Zweiglimmergneis, die uns, sofern sie übereinander lagern, Böden ganz verschiedener Verwitterungsvorgänge und daher auch Wertigkeit geben. —

Was den Löß betrifft, so haben wir Forstleute auch hier die verschiedensten Arten zu unterscheiden. Vom Löß in situ, der noch einen hohen Kalkgehalt oder zum mindesten noch Lößkindl aufweist und sich durch ein hohes Porenvolumen auszeichnet, bis zum Löß, der einer stärkeren oder geringeren Wasserwirkung verschiedene geologische Zeitperioden hindurch ausgesetzt war. Letzterer ist mehr oder weniger entkalkt, ausgewaschen, voller Eisen-Mangan-Konkretionen, hat sich gesetzt, verdichtet und bis zur Unkenntlichkeit verändert, so daß er nur mehr seiner Entstehung nach den Namen Löß verdient.

III. Verhalten der Forstwirtschaft zur Frage der mehrstöckigen Böden.

Fassen wir die im Vorhergehenden bei den einzelnen angeführten Fällen erwähnten forstwirtschaftlichen Aufgaben nochmals kurz zusammen.

Für die Forstwirtschaft ist es von großer Wichtigkeit, aus der Tatsache des Vorhandenseins mehrstöckiger Böden die praktischen Folgerungen zu ziehen.

Hier wird es sich in erster Linie darum handeln, **sich nicht mit dem einen Stockwerk als Grundlage für die Holzzucht zu begnügen, sofern die Heranziehung des unteren**

Stockwerkes in den Kreislauf unserer Wirtschaft möglich, von Interesse und Wert ist. Hierbei dürfen nicht nur Gesichtspunkte des Vorteils einer geregelten Bodenwirtschaft an Ort und Stelle, sondern gegebenenfalls auch ihre möglichen Auswirkungen auf die Nachbarstandorte maßgebend sein.

So kann — gewöhnlich bei großer Mächtigkeit des oberen Stockwerkes oder starker Undurchlässigkeit desselben — dieses für den gegebenen Standort allein für unsere wirtschaftlichen Maßnahmen entscheidend sein. Dann sind die Vorgänge im unteren Stockwerk für uns weiter nicht von Interesse (z. B. bei sehr tiefem Sand auf Lehm oder stark entartetem Löß usw.).

Liegen jedoch biologisch verschiedene Stockwerke geringerer Mächtigkeit vor, so wird es immer Aufgabe des Forstmannes sein, die Gegensätze zwischen den einzelnen Stockwerken zu schwächen, je nach Möglichkeit auszugleichen, in jedem Falle aber sie sich einander ergänzen zu lassen und Extreme zu mildern. Dies bezieht sich sowohl auf den architektonischen Bau als auch auf die Bodenart, das physikalische wie chemische Moment der einzelnen Stockwerke. Wo immer es möglich und wünschenswert ist, sollen alle Stockwerke in den Arbeitsgang, in sämtliche bodenbildende Vorgänge im und über dem Boden, die biologischen Prozesse mit eingeschlossen, einbezogen werden.

Der Forstmann kann häufig durch mechanische Arbeit die Böden vielfach umgestalten und günstigere biologische Prozesse hervorrufen. Es ist dies aber meist eine teuere, oft bei näherer Nachprüfung unrentable Arbeit.

Er sollte daher stets erst die Kräfte der Natur in seinen Wirtschaftsplan mit in Rechnung stellen und sie auszunutzen suchen, ja, ich möchte sagen, er sollte immer erst Nachschau halten, ob er sie nicht fast ausschließlich wirken lassen könnte, indem er sie nur in gewolltem Sinne und gewollter Richtung regulierte. Zwar rechnet die Natur, sich selbst überlassen, nicht mit Zeitspannen; doch liegt es oft am Menschen, mit geringem Aufwand eine Vorarbeit zu leisten, die es der Natur ermöglicht, ihre Kräfte in kurzer Zeit zur Vollauswirkung zu bringen. Das sollte in erster Linie Wirtschaftsziel sein.

Schlußfolgerungen.

Wenn bei der Forsteinrichtung als grundlegende Arbeit für die ganze Waldwirtschaft in Zukunft es als eine Notwendigkeit erachtet

werden muß, eine *Bodenkarte* zu haben, die auf einer *geologischen Karte* aufgebaut ist, so müssen diese Karten den ganzen Bodenaufbau bis in wirtschaftlich ausnutzbare Tiefe zeigen. Das Vorliegen mehrstöckiger Böden wird dann häufig ohne weiteres ersichtlich werden. Geologische Karten, wie sie jetzt vorliegen, als alleinige Grundlage zu verwenden, wäre verfehlt, da ja bei deren Anfertigung andere Interessen verfolgt wurden als die es sind, die der Forstmann notwendigerweise hat. Sie genügen — wie wertvoll und notwendig sie an und für sich sind — der Art und Weise ihrer Aufnahmen nach häufig nicht den Anforderungen, die der Forstwirt an sie stellen *muß*. Ich verweise nur auf die erwähnte summarische Behandlung der Löße, Gneise usw. und auf das Fehlen von Ausscheidungen der so wichtigen Überrollungen. Zudem kann die geologische Karte uns naturgemäß nichts über Bodenaufbau, Bodenbildung und Bodenzustand sagen.

An Hand ergänzter geologischer Karten sind deshalb als Vorarbeit jeder Forsteinrichtung *Bodenkarten* im engeren Sinne aufzustellen.

Was die Art und Weise der Herstellung solcher Karten betrifft, so gehört diese Frage nicht zum Thema. Es sei aber gesagt, daß hier, dem gegebenen Wirtschaftsziel und der Intensität der Wirtschaft entsprechend, so viele Möglichkeiten gegeben sind, diese Arbeiten nicht mechanisch, sondern individuell und daher auch finanziell tragbar auszuführen, daß man wohl sagen kann:

„*Ohne Bodenkarte keine Forsteinrichtung!*“

Über den Einfluß des Grundwassers auf Waldboden und Waldtyp, insbesondere über Humusgleipodsole und ihre standörtliche Nachhaltigkeit.

Von Oberförster Priv.-Doz. Dr. F. K. Hartmann.

Aus dem Forschungsinstitut für Waldboden- und Waldvegetationskunde Harburg-Wilhelmsburg.

Im Komplex der Standortsfaktoren nimmt das Grundwasser eine hervorragende, wenn auch in ihren Einzelheiten bisher noch weniger bekannte Stellung ein. Es war daher eine sehr lohnende Aufgabe, die Wirkungsweise dieses wichtigen Standortsfaktors auf die Bodenbildung und damit im Zusammenhang auf die Zusammensetzung und Wuchsleistung der Waldbestände eingehender zu untersuchen.

Das Grundwasser bildet nicht nur mit Klima, Lage und Boden zusammen einen wichtigen Teilkomplex im Gesamtkomplex sämtlicher Standortsfaktoren, sondern ist auch in seinen einzelnen Eigenschaften für die Bodenbildung und die Gestaltung des vegetativen Effektes verschieden zu bewerten.

So ergeben sich Unterschiede sowohl für die Bodenbildung wie für die Beschaffenheit der Waldvegetation, ihre Wuchsleistung und die Zersetzung der organischen Stoffe, ob das Grundwasser sichtbar fließt und damit Luft und Sauerstoff sowie gelöste Nährstoffe, insbesondere aber Kalk den durchflossenen Gebieten zuführt, mit anderen Worten, ob es durch einen Durchfluß in ständiger Bewegung gehalten wird und zur Abführung ungünstiger Stoffwechselprodukte und Zufuhr neuer, den Stoffwechsel, d. h. insbesondere den Humus-, Nährstoff- und Lufthaushalt im Walde günstig beeinflussender Stoffe beiträgt. Oder aber, ob es infolge seitlichen Abschlusses durch wasserundurchlässige Schichten örtlich stagniert bzw., wenn es in breiten Strömen ein größeres Gebiet durchzieht, nur in langsamem, häufig kaum feststellbaren Fluß sich befindet, und ob damit die erneuernden Eigenschaften in bezug auf den Boden zurücktreten oder, was seltener ist, ganz fehlen.

Weitere Unterschiede in Bodenbildung und Waldvegetation ergeben sich aus der Tiefe des Grundwasserspiegels.

Diese und die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers zeigten sich als die zunächst wichtigsten Faktoren für die Ausbildung zweier großer Grundwasserbodentypen, die schon bei unseren ersten Untersuchungen immer wieder markant in Erscheinung traten: Grundwasserböden mit starker Humus- oder Torfauflage und -einwaschung sowie mineralische Grundwasserböden.

Bei den ersteren scheiden sich in edaphischer und vegetativer Beziehung scharf die ± sauren Humus- bzw. Torfböden von den weniger sauren oder neutralen Humus- bzw. Torfböden. Die Mächtigkeit der Humus- oder Torfschichten bzw. die Mächtigkeit der humusinfiltrierten Mineralbodenzone waren in Verbindung mit der Grundwassertiefe bereits Gegenstand einer Spezialuntersuchung hinsichtlich ihres Einflusses auf Wachstum, Ertrag und Holzqualität der Kiefer auf ostdeutschen diluvialen Sandböden[1]).

Stark humusinfiltrierte Sande mit nicht zu flachem und nicht zu tiefem Grundwasserspiegel, m. a. W. stickstoffhaltige Grundwasserböden erzeugten (in diesen Grenzen) optimale Wuchsleistungen der Kiefer sowohl hinsichtlich der Baumhöhe und Langschäftigkeit wie auch hinsichtlich des Dickenwachstums, wobei allerdings guter Stärkezuwachs nachteilig auf die Holzqualität wirkte (sog. Moorkiefer des Holzhandels), insbesondere, wenn er durch weiten Stand in der Jugend bzw. zu frühe und starke Durchforstung begünstigt wurde. Enger Stand in der Jugend (Saat oder enge Pflanzung) mit spät einsetzender schwacher Durchforstung können weitgehend ausgleichend wirken.

Bei zunehmender Tiefe des Grundwasserspiegels erwiesen sich für seinen vegetativen Einfluß als Grenzwerte auf der vegetativen Seite die maximale Wurzeltiefe der angebauten Holzarten, und auf der edaphischen Seite die Kapillarität oder die Hubkraft der Sande. Wenn die Holzarten von dem erhöhten Wassergehalt der Kapillarzone, die sich in verschiedener Breite über dem Grundwasser hinzieht, Vorteil haben sollen, müssen sie mit wasseraufnahmefähigen Saugwurzeln diese Zone erreichen. Für die Kiefer ergaben sich Einflüsse in der Wuchsleistung bei einem Grundwasserstande bis zu 5 m Tiefe und mehr. Die Breite des Kapillarsaumes schwankte nach der Korngrößenzusammensetzung des Bodens beträchtlich (ca. 30 cm bei

---

[1]) Über den waldbaulichen Wert des Grundwassers I. Mitt. aus Forstwirtschaft und -wissenschaft 1930. 1. Jahrg. Heft 4.

kiesigem Grobsand — wobei Wasserdampfkondensationen eine Rolle spielen [1]) —, bis über 1,5 m bei feinem Sand).

Umgekehrt ist der optimale Wirkungswert des Grundwassers auch nach oben begrenzt. Wenn die nötige Durchlüftung im Boden infolge ständiger Wassersättigung durch allzu hohen Grundwasserstand fehlt, so tritt die Wuchsleistung der Waldbäume erheblich zurück. Das ist der Fall, wenn das Grundwasser bei allzu hohem Stande mehr oder weniger stagnierenden Charakter hat. Bei fließendem Charakter liegen infolge Sauerstoffzufuhr die Verhältnisse günstiger, auch wenn das Grundwasser sehr flach ansteht. Gewisse Sonderfälle werden im folgenden näher untersucht.

Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers in Verbindung mit seiner Höhe oder Tiefe und seiner Zusammensetzung gestaltet nicht nur die Vegetation, sondern auch den Bodentyp. Ständig hoher Grundwasserstand bedingt infolge der geringen Wärmekapazität des Wassers ein örtlich ganz spezifisch kühles Bodenklima, das die Zersetzungsgeschwindigkeit der von der Vegetation erzeugten organischen Abfallstoffe herabsetzt. Es entstehen Humusböden. Die Zusammensetzung und Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers modifizieren wiederum die Beschaffenheit dieser Humusböden. Kalkreiches Grundwasser von geringer Strömungsgeschwindigkeit schafft niedermoorartige, kalkärmeres Grundwasser mehr hochmoorartige Humusböden, wobei die sich unter den obwaltenden Bedingungen einstellende Vegetation, wenn auch sekundär, einen maßgeblichen Einfluß auf die Art der Humusbildung ausübt.

So entsteht bei kalkreichem Grundwasser unter normalen Verhältnissen im natürlichen Erlenwald milder, nahezu neutraler oder nur schwach saurer Humus, während sich bei gleichen edaphischen Verhältnissen unter einem umgewandelten Kiefern-Fichten-Wald saurer Humus von anderer Struktur bildet. Dieser saure Humus wirkt zugleich auch auf die Bodenbildung zurück, wie nachstehend mitgeteilte Spezialuntersuchungen zeigen.

Schließlich ist das Ausmaß der Grundwasserschwankungen bei der Vegetations- und Bodenbildung nicht ohne Bedeutung. Die Schwankungen sind nach Messungen der Landesanstalt für Gewässerkunde im kontinentaleren Osten größer als im kühlhumiden Westen. Dieser Umstand muß sich in gewissem Umfange auch auf die Waldvegetation auswirken, wobei die einzelnen Holzarten gegen-

[1]) Hartmann, F. K. Zum Wasserhaushalt im Walde. Forstarchiv 1929 Heft 19. S. 377.

über den Schwankungen verschieden empfindlich sind; vor allen Dingen aber beeinflussen sie die Ausbildung der Grundwasserböden. In der Schwankungszone bilden sich nämlich gleiartige Ausscheidungen insbesondere von bandartig oder knollig und fleckig ausfallendem Fe_2O_3 aus FeO-ionenhaltigem Wasser aus, wenn die Durchlüftung dieser Bodenzone zeitweise ausreichend, d. h. der Zutritt von Sauerstoff zu gewissen Zeiten möglich ist. Umgekehrt läßt sich aus dem Vorhandensein von Gleibildungen (Ausscheidungen insbesondere von Fe_2O_3 aus FeO-Jonen und Fe_2O_3-haltigem Wasser) vielfach auf eine zeitweise gute Durchlüftung der vorliegenden Grundwasserböden schließen, die sich häufig auch auf die Vegetation günstig auswirkt, wenn ihr nicht jahreszeitlich bedingte längere Zeiträume eines ausgesprochenen Luftmangels folgen. Auch darüber soll dieser Bericht einige interessante Untersuchungsergebnisse bringen.

Zusammenfassend lassen sich auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen als Einflüsse einzelner Komponenten des Grundwassers auf Bodentyp und Wald- und Bestandestyp herausstellen: 1. Die Fließgeschwindigkeit mit ihrem Einfluß auf Sauerstoff- und Nährstoffgehalt des Grundwassers, 2. die Tiefe des Grundwassers, 3. die Grundwasserschwankungen.

Daneben verfolgen wir die Eigenschaften und den vegetationsgestaltenden Einfluß des vom Grundwasser herausgebildeten Bodentyps in den Schwankungen, die durch die geologisch-stofflich bedingte Bodenart möglich sind. Hierbei sind besonders hervorzuheben: Die Art der Ausbildung der Humusform, sei es als Auflagehumus oder -torf oder als in den Mineralboden infiltrierter Humus, die Möglichkeit zur klimatischen Bodenbildung von oben her bzw. ihre Verhinderung durch das Grundwasser und schließlich die verschiedenen Arten der Gleibildungen und ihre eventuelle Wiederauflösung.

Von unseren letztjährigen Untersuchungen über Grundwasserböden speziell auch mit Auflagehumus seien im folgenden die Ergebnisse von gewissen sauren **Humusgleipodsolen** mitgeteilt, weil gerade diese Böden von vielen Forstleuten wegen vermeintlicher Vermoorungsgefahr mit Sorge betrachtet werden.

Als einheitliche Kriterien dieser Gruppe von Grundwasserböden sind zu nennen: die stärkere, gewöhnlich über 20 cm starke, saure Auflagehumusschicht, zu der gewöhnlich eine meist dunkel bis tiefschwarz gefärbte Schicht von mechanisch aus dem Ao eingewaschenen zersetzten oder halbzersetzten, aber sauren Humuspartikeln hinzutritt (sog. A_1-

Horizont)[1]. Damit kann die Humus- plus humusangereicherte Mineralbodenschicht (d. h. der $A_0 + A_1$-Horizont) Mächtigkeiten bis fast 1 m und mehr erreichen, soweit diese Böden noch als alte Waldböden und nicht als Moorböden ohne oder mit im Wachstum gehemmter Waldvegetation anzusprechen sind.

Wir haben diese sauren Humus**wald**böden von den eigentlichen Mooren, sowohl von den Hochmooren, die nicht mehr waldfähig sind, wie auch von den Niedermooren aus ökologischen, aber auch waldbaulich wirtschaftlichen Gründen zu trennen.

Während Moore vom Charakter der Flachmoore bekanntlich vorwiegend auf Niederungen mit fließendem, nährstoffreichem Grundwasserstrom (s. S. 134 Abs. 3) beschränkt sind, finden sich solche vom Charakter angehender oder fertig entwickelter Hochmoore in Niederungen, insbesondere abflußlosen Mulden ohne stärkeren Durchfluß, wo das Grundwasser unmittelbar unter bzw. auch zeitweise über der Erdoberfläche steht. Die ständige Wassersättigung und der ständige Luftmangel des Bodens verhindern eine normale Zersetzung der Streu der vorhandenen Vegetation; es treten an ihre Stelle Torfbildner, die ihrerseits aktiv an der Moorbildung teilnehmen.

Abweichend von diesen aus der Moorforschung bekannten Normalfällen konnten von dem Verfasser in dem feucht-kühlen, sonnenarmen Seeklima Nordwestdeutschlands mit geringer Verdunstung und hohen Niederschlägen Fälle beobachtet werden, wo überraschenderweise Moorbildung in verhältnismäßig flachen Senken, die oft nur wenige Dezimeter, ja Zentimeter unter dem übrigen Geländeniveau lagen, in Wald- und Heidegebieten in Anfängen aufzutreten pflegt. Eine Moorbildung wäre bei so unbedeutenden Geländeunterschieden nicht möglich, wenn außer dem Klima nicht auch der **Boden** eine gewisse **Disposition** dafür bieten würde. Diese Erscheinung wurde auf stark degradierten Geschiebelehmen mit einem infolge Tonerde- und Eisenanreicherung sehr wasserundurchlässigen B-Horizonte beobachtet (Oberförsterei Harburg, Stuvenwald Jagen 32, 64 u. a.). Voraussetzung für die Disposition dieser Böden zur Moorbildung in kleinen „Lugen" ist ihre starke Alterung (Altdiluvium[2])) mit sauren, oft schon mächtigen,

---

[1]) Dieser A_1-Horizont kann gebleicht sein, auch wenn die Bleichung von dem ausgewaschenen Humus in der Farbe überdeckt ist.

[2]) Da die jüngste Vereisung nach heutiger Anschauung der Geologen (Gripp, Wolff, Dewers) von NO her die Elbe nicht ganz erreicht hat, hat sich die Annahme durchgesetzt, daß die vorletzte oder Saalevereisung, die die größte Ausdehnung in NW-Europa ge-

nährstoffverarmten Auswaschungshorizonten und undurchlässigen, wasseraufstauenden B-Horizonten. Auf solchem Boden gewinnt naturgemäß die Vegetation einen besonderen Einfluß auf die Humusbildung. Heidevegetation und reine Nadelhölzer mit Beerkraut und Heideunterwuchs verschärfen die Bedingungen, zu denen jedoch stets die erwähnte flache, muldenartige Senkung des Geländes als Voraussetzung für die Moorbildung hinzutritt; Laubholzmischungen[1]) mildern sie. Der waldbauliche Einfluß auf diesen gealterten Böden ist daher stärker als auf Böden des Jungdiluviums.

Auf nordwestdeutschen Sandböden höherer Lagen (z. B. der Kies- und Schottermoränen, der großen Sandebenen usw.) besteht hingegen selbst auch auf ausgesprochenen Ortsteinböden unter Heide selten eine Vermoorungsgefahr, wenn wasserundurchlässige Schichten im Untergrund fehlen. Die Tatsache der Ortsteinbildung allein bei einer A_0-Decke, die gewöhnlich 20 cm nicht erreicht, genügt im allgemeinen nicht für Bodenvernässungen, weil vollkommen wasserabschließende Ortsteinbänke selten sind. Dieser Schluß kann gezogen werden aus Beobachtungen über Einflüsse von Ortsteinbildung auf die Vernässung der Böden z. B. im altdiluvialen Endmoränengebiet der Oberförstereien Harburg und Langeloh, im altdiluvialen Sandrgebiet der Oberförsterei Munster auf Waldböden, in der Fischbecker und Neugrabener Heide sowie im Gebiet des Wilseder Naturschutzgebietes unter Calluna-Heide. Wenn der Ortstein auch zu einer zeitweise größeren Bodenfrische führen kann, die u. U. sich sogar günstig auswirkt, falls der Boden durch die Ortsteinbildung nicht zu flachgründig geworden ist, so sind Vernässungen nur in Tälern, wo das Wasser von den Moränenhügeln zusammenläuft, festzustellen (vegetativ angezeigt durch Molinia coerulea, üppige Calluna- und Erica tetralix-Heide). Während unter Nadelhölzern mit Beerkrautdecke auf geneigtem Gelände dieser altdiluvialen Höhenböden die Bodenentwicklung im allge-

habt hat, die nordwestdeutschen Diluvialböden gebildet hat. Diese haben mithin das humide Klima einer Interglazialzeit (mehrere 10000 Jahre ähnliches Klima wie heute, vielleicht etwas wärmer), dann die Klimadepression der jüngsten Eiszeit mit wechselnden Phasen (Tundra, kaltwindige Trockenzeit [Flottlehmaufwehung] und dann folgendem Klima, das Waldbestockung wieder ermöglichte) und endlich die ca. 15000 Jahre umfassende Nacheiszeit hinter sich.

[1]) Das Gebiet gehört (in Übereinstimmung mit den Feststellungen Tüxens) dem azidiphilen Ei-Wald NWDs an, dem gewöhnlich ein Birkenstadium vorausgeht, wenn man der Natur freien Lauf läßt, in dem sich aber auch die Buche (aus atlantischen Gründen?) trotz hoher Säuregrade noch als Mischholz mancherorts zu halten vermag.

meinen zum Eisenpodsol (mit nur mäßig mächtiger Bleichsandschicht (A_1) und Eisenorterde oder -ortstein im B-Horizont) geht, pflegt sie in den lokal humideren Tälern auch zum tiefer verwitterten Humuspodsol fortzuschreiten. Vielfach ist der Ortstein dieser Höhenlagen Nordwestdeutschlands von Humusstoffen dunkel gefärbt, und kommt damit dem Typ des „Humuseisenpodsol“ (s. u.) nahe, der im B-Horizont Humus- und Eisenausfüllungen aufweist. Der Humuseisenpodsol, der längs der ostdeutschen Ostseeküste in Urstromtälern vorkommt, ist im Gegensatz zu demjenigen der humiden nordwestdeutschen Böden grundwasserbedingt. Diese Feststellung sei wegen ihrer bodenklimatischen und damit auch wirtschaftlichen Bedeutung hier angeführt, auch wenn dieser Bericht hauptsächlich sich auf die kurze Beschreibung der ausgesprochenen Humus-Grundwasserböden und ihr Ertragsvermögen unter Berücksichtigung der natürlichen Waldvegetation beschränken muß.

Saure grundwasserbedingte Humuswaldböden wurden in verschiedenen ostdeutschen Urstromtälern auf grundwasserführenden Sanden, insbesondere Talsanden, Beckensanden usw. *mit größeren zusammenhängenden Grundwasserseen oder sich langsam bewegenden -strömen* gefunden und u. a. in den Oberförstereien Groß-Mützelburg und Falkenwalde im pommerschen Urstromtal (Talsande der Ückermünder Heide), in der Oberförsterei Sachsenhausen im Thorn-Eberswalder Urstromtal nördlich Oranienburg (Havelniederung), in einer Talsandenklave der Oberförsterei Zicher in der Neumark südlich Neudamm und in dem großherzoglichen Forstamt Gelbensande auf Talsanden der Rostocker Heide untersucht.

Die hier gefundenen Grundwasserbodentypen (Humuspodsol, Humuseisenpodsol, Eisenpodsol) in ihren Bodenartvarianten mit den ihnen eigenen edaphischen und vegetativen Eigenschaften, insbesondere auch Wuchsleistungen der Holzarten werden wie folgt beschrieben:

Humuspodsol mit Gleibildung (vgl. hierzu die Profilskizze Abb. 1 S. 143). Die Humusdecke[1]) besteht aus einem lockeren feuchten Rohhumus oder stärker vermoderten Humus oder Torf, der stellenweise bis über 30 cm mächtig sein kann. Er wird vorwiegend unter Kiefernbeständen mit Hilfe von Beersträuchern gebildet. Unter der Humus-

[1]) Sie wurde jeweils nach den äußerlich (morphologisch) wahrnehmbaren Schichten von oben nach unten beschrieben: z. B. 1. unzersetzte, 2. halbzersetzte Nadel- und Laubdecke (Förna), 3. jüngerer Auflagehumus, filzig geschichtet, halbzersetzt, mit Fadenpilzen, 4. älterer Auflagehumus, modrig, amorph, meist tief schwarz, schmierig.

decke (A_0-Horizont) findet sich ein 12—30 cm starker Auswaschungshorizont, der entweder hellgrau oder durch stärkere Überdeckung seitens eingewaschener Humusstoffe schmutzig violettgrau oder auch im oberen Teile dunkler (A_1), im unteren Teil heller (A_2, eigentlicher Bleichsand) erscheint. Aus diesem A-Horizont sind durch starke Auslaugung infolge des mächtigen A_0-Horizontes Kalzium, Magnesium, Eisen, Phosphorsäure stark, Aluminium, Kalium und Natrium [1]) etwas weniger stark abgewandert. Die Auslaugung auf diesem Bodentyp in seinem A-Horizont pflegt gewöhnlich stärker zu sein als bei dem im B-Horizont humusarmen Eisenpodsoltyp. Teils in scharfer Grenze zum B mit starker Anreicherung, teils in weniger scharfer Grenze zum B mit geringerer Anreicherung geht der A-Horizont in den von ausgefällten Humusstoffen tief dunkelgefärbten B-Horizont über, der teils ortsteinhart, teils schmierig-krümelig-weich — mit allen Übergängen — ausgebildet sein kann. Außer den bei diesem Bodentyp besonders stark ausgefällten Humusstoffen sind auch Eisen und andere Stoffe ausgefällt, ohne daß die Eisenfarbe indessen unter dem tiefen Dunkel des ausgefällten Humus in Erscheinung treten kann. Die Mächtigkeit dieses Horizontes kann ebenso wie die des A-Horizontes sehr verschieden sein (gefunden wurden Schwankungen von 18—60 cm). In dem unteren Teil des hier weniger verfestigten B-Horizontes können gelegentlich Gleibildungen vorkommen. Bei Humuspodsolen mit Ortstein muß dagegen der höchste Grundwasserstand bei den jahreszeitlichen Schwankungen immer noch unter der Ortsteinschicht bleiben, weil diese, wenn sie durch von unten herantretendes Grundwasser ganz oder z. T. aufgelöst und als Gleihorizont wieder ± unregelmäßig ausgeschieden würde, ein anderes Aussehen analog demjenigen der Gleihorizonte (s. u.) haben würde.

Unter dem B-Horizont finden sich in Sandböden vielfach rostbraune, fleckige, knollige oder auch bandartige Schichten, die als sog. Gleihorizonte zu deuten sind. Gleiartige Ausscheidungen von insbesondere Eisenoxyd (Fe_2O_3) können nur in Bodenschichten stattfinden, die zeitweise von Grundwasser infolge seiner jahreszeitlichen Schwankungen frei sind, insbesondere (bei sinkendem Grundwasser) Luft und Sauerstoff nachzusaugen und das angereicherte Eisenoxydul zu Eisenoxyd zu oxydieren vermögen.

Auffällig ist der gewöhnlich geringe Eisengehalt im B-Horizont des Humuspodsols und das Vorkommen von Gleihorizonten mit Eisenoxydausscheidungen selbst in Fällen,

[1]) Analysenbeispiel veröff. l. c. 1930 S. 408, Analyse für K_2O und Na_2O nachgeholt.

wo im B-Horizont Eisenausscheidungen fehlen. Es ist möglich, daß im B-Horizont die Humusstoffe die Ausfällung des Eisens verhindern und das Eisen zum Grundwasser weiterwandert und hier als Gleihorizont in schwer reduzierbarer und nicht oder nur schwer wieder auflösbarer Form ausfällt, wenn das Wasser ständig genügend sauerstoffreich bleibt. Aus dem Eisengehalt der hierauf untersuchten stark humosen, daher filtrierten Grundwässer lassen sich leider keine sicheren Angaben über die Intensität der Gleibildungen machen. Es pflegen häufig gerade Böden mit starken Gleibildungen im Grundwasser wenig Eisen (nur wenige Milligramm oder Spuren im Liter Wasser) zu haben. In diesen lufthaltigen Böden und Wässern werden offenbar die aus Oxydation der Ferroionen gebildeten Ferriverbindungen sehr schnell als Kolloide in den Gleihorizonten niedergeschlagen (vgl. Analysen des Verf. in Mitt. f. F. u. Fwiss. 1930 S. 406—408). Nur in einem Falle (Ofö. Falkenwalde Jag. 116a a. a. O. S. 408) ergab sich ein Gehalt an $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ von 14,1 mg/l. Auch Tamm fand in seiner vor kurzem erschienenen Abhandlung (1932, S. 382) nur in kleinen flachen Mulden einen höheren Eisengehalt (48 mg/l).

Das Eisen vermag zunächst in Ferroionenform, in der es im Grundwasser feuchter Böden in gewissen Zeiten jedenfalls (nach Spezialuntersuchungen von Tamm 1932)[1]) vorhanden zu sein scheint, mit dem Wasser zu wandern, ohne niedergeschlagen zu werden. Sobald aber eine Oxydation möglich ist, wird das Eisen als Fe_2O_3-Kolloid vom Boden festgehalten und ausgefällt. Hierdurch werden die Gleiausscheidungen veranlaßt. Wurzelkanäle und natürliche Dränage der Böden befördern sowohl den Wasser- wie den Luftaustausch in den Grundwasserböden.

Gleiausscheidungen können nicht in Grundwasserböden mit sehr starker Humus- oder Torfschicht vorkommen, bei denen das Wasser ständig in der Torfschicht stehen bleibt und niemals unter diese fällt und bei Schwerdurchlässigkeit der Torfschicht auch selten fließenden Charakter annehmen kann. Diese Tatsache ist bodenkundlich, aber auch waldbaulich von großer Bedeutung. Sie ermöglicht durch genauen Aufschluß und Beschreibung des Bodenprofils hinsichtlich der Gleibildungen ein Urteil über die Durchlüftung des Grundwasserbodens und die Schwankungszone des Grundwassers in diesen Böden. Gleiausscheidungen deuten daher auf Luftzutritt in den Mineralboden- und, wenn auch seltener, Humushorizonten, in welchen sie vorkommen.

Lediglich Grundwasserböden, deren Wässer durch seitlichen Durchfluß ständig Luft- und Sauerstoffzufuhr erhalten, soweit diese sich in Böden mit sehr starker Humus- und Torfauflage auswirken können, fallen aus diesem Gesetz heraus, können also gleiartige Flecken usw. zeigen.

Für den Zutritt von Luft und Sauerstoff gibt es zwei Möglichkeiten; einmal von oben her, wenn die Torfschicht nicht zu stark ist und Luft-

[1]) Mitt. a. d. Forstl. Vers. Anst. Schwedens, Heft 26, 1932.

zutritt von der Oberfläche her gestattet, oder von der Seite her in durchlässigen Torfschichten bzw. im Mineralboden selbst, wenn dieser durchlässig ist, und das Grundwasser durch seitlichen Zu- und Abfluß aus Bodenhohlräumen Luft an sich reißen kann. In diesem Falle können sich auch Gleibildungen unter einer sehr mächtigen luftabschließenden Torfdecke mit eigenem Wassersystem im Mineralboden bilden.

Der Humuspodsoltyp kann naturgemäß nur auf Böden, die der klimatischen Auswaschung zugänglich und weniger mineralstoffreich, daher sauer sind, bei nährstoffarmem Grundwasser zur Ausbildung kommen.

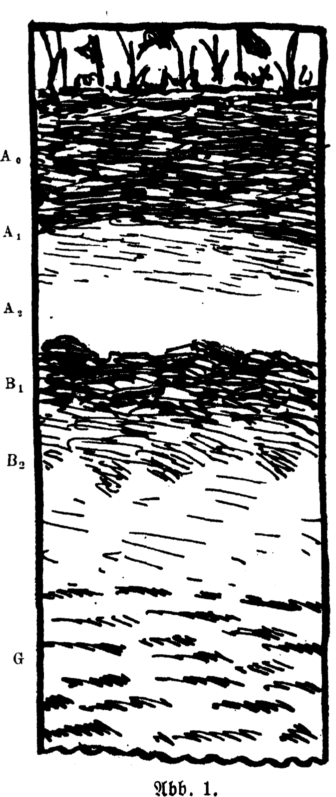


Abb. 1.

Von den aus diesem Grundwasserbodentyp zahlreicher untersuchten Beispielen [1]) mögen bei dem hier zur Verfügung stehenden Raum an einem Beispiel aus der Oberförsterei Groß-Mützelburg Jagen 193a nähere Einzelheiten dieses Typs in edaphischer und vegetativ-ertragskundlicher Beziehung erläutert sein: Der Aufbau des Profils in seiner Horizontierung (Abb. 1 S. 143, A, B C-Horizont; G-Gleibildungen, die zu dem betreffenden klimatischen Horizont hinzutreten: BG, CG; G reiner Grundwasserhorizont, ohne daß die klimatische Bodenbildung in Erscheinung tritt) ist aus Abb. 1. S. 143 zu ersehen. Der A_0- und A_1-Horizont sind sauer, pH 4—4,2 (in der Wasseraufschlämmung potentiometrisch mit der Chinhydronelektrode gemessen [2]), der B-Horizont nur wenig schwächer sauer (pH 4,4), während

[1]) Z. B. in der Oberförsterei Groß-Mützelburg (Ückermünder Heide) Jag. 193a, 238a, 251b, stellenweise, Gelbensande (Rostocker Heide) Abt. 53 stellenweise und Nachbarabteilungen mit hervorragenden Wuchsleistungen der Kiefer.

[2]) Zur Methode der potentiometrischen Bestimmung vgl. weiter S. 150.

der CG-Horzont nur noch schwach sauer (pH 6,2) oder in vielen Fällen auch fast neutral ist (pH 6,8—7,0). Diese Werte dürften dem Durchschnitt entsprechen, der bei der Untersuchung von 8 Profilen dieses Typs im pommerschen Urstromtale (Obf. Groß-Mützelburg und Falkenwalde) — naturgemäß bei einigen Schwankungen — gefunden wurde. Nährstoffverhältnisse und Auswaschung entsprechen den bei der Darstellung des Typs gemachten Mitteilungen. Der Einschlag charakterisiert die Verhältnisse einer größeren Talsandniederung, in der Seen, Fenne usw. verteilt sind. Der Humuspodsol findet sich häufig am Rande in Verlandung begriffener Seen auf Talsand mit hohem Grundwasserstande ohne feststellbare oder nach der Art des Geländes anzunehmende Strömung. Das Grundwasser, das hier und in der Umgebung an verschiedenen Einschlägen untersucht wurde, ist durchgehend kalkarm (6—22 mg/l), meist neutral oder nahezu neutral (p_H 6—7), seltener sauer (p_H 4—4,3), wenn es bei hohem Stande dem sauren A_0 und A_1 entnommen wurde. Eisengehalt ist gewöhnlich gering (s. o.), Glührückstand im allgemeinen gering bis mäßig (30—125 mg/l). In der Schwankungszone des Grundwassers fanden sich durchweg Rostflecke, Eisenbänder und -knollen als Gleibildungen.

Die Verbindung von optimalen Wasser- und Stickstoffverhältnissen (wobei der Stickstoff [wohl mit Hilfe der Mykorrhizen] von den Kiefernwurzeln aus dem Humus sämtlicher Horizonte, vorwiegend aus dem A_0 und A_1 aufgenommen wird) erzeugt gewöhnlich beste und gute Erträge bei der Kiefer, die hier herrschend ist (über I. bis II. Bonität). Im gewählten Beispiel zeigte ein 42jähriger Kiefernbestand eine Höhe von 18 m (ca. I. Bonität). Das Holz erwächst allerdings ästig und grobringig, wenn nicht auf engsten Schluß in der Jugend gehalten wird (sog. Moorkiefer). Diese guten Wuchsverhältnisse der Kiefer, die sich bis ins hohe Alter bei den untersuchten 7 Beispielen erhielten, wurden dann beobachtet, wenn das Grundwasser nicht wesentlich über 80 cm steigt und damit eine gewisse Durchlüftung des Humus und Bodens bei Absinken des Grundwasserspiegels mit beginnender Vegetationsperiode, insbesondere im Sommer und Herbst ermöglicht. Die natürliche Waldform ist als grundwasserbedingte Variante bzw. Subassoziation des ostdeutschen Pinetums mit naher Verwandtschaft zum azidiphilen Quercetum anzusprechen und enthält außer Birke und Stieleiche, die in der Baumschicht dominieren, **Pteris aquilinum, Vaccinium myrtillus** und **Aira flexuosa** in der Krautschicht mit **Hypnum Schreberi** und **purum, Hylocomium splendens, Dicranum**

undulatum in der Moosschicht, außerdem Trientalis europaea, Vaccinium vitis idaea, Molinia coerulea und andere Rohhumus liebende Pflanzen.

Humuseisenpodsol (Abb. 2 S. 145). Dieser Bodentyp steht dem vorigen sehr nahe hinsichtlich der Ausbildung des A_0 und A_{1+2}-Horizontes[1]) sowie hinsichtlich des Grundwasserstandes[2]). Wesentliche Unterschiede zum Humuspodsol bestehen eigentlich nur in der Ausbildung des B-Horizontes. Der obere Teil des B-Horizontes wird von einem braunschwarzen, gewöhnlich 3 bis 5 cm mächtigen Humusortsteinband (B_1) gebildet, dem sich ein breiteres, rostrotes bis rostbraunes oder gelbes Eisenerde- bzw. -ortsteinband (B_2) anschließt (s. Abb. 2 S. 145). Humus- und Eisenausfällungen können auch in ein und derselben Schicht erfolgen und sich in dunkelbraunen Farbtönen überdecken. Die Orterde des B_2 geht gewöhnlich unscharf in einen BG-Horizont über, in dem hier bereits die Gleibildungen des im allgemeinen noch flach anstehenden Grundwassers in Erscheinung traten.

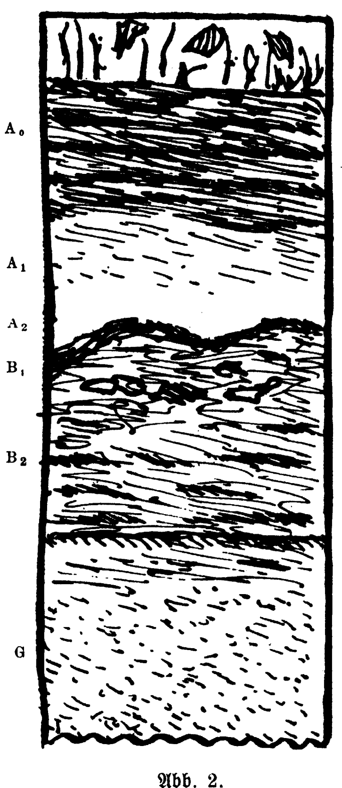


Abb. 2.

Der Aufbau eines typischen Humuseisenpodsols, wie er näher im großherzoglichen Forstamt Gelbensande Abt. 53 und 35 (Rostocker Heide), sowie in der preußischen Oberförsterei Groß-Mützelburg Jagen 230 d, Falkenwalde 116 a, 147 a (Ückermünder Heide, Pommern) untersucht wurde, wird durch Abb. 2 S. 145 veranschaulicht. Von den bodenanalytischen Daten sind einige Daten zweier typischer Beispiele

1) Im Durchschnitt sind diese etwas weniger mächtig.

2) Die Amplitude nach der Tiefe hin ist etwas größer.

aus Gelbensande (53 und 35) für die einzelnen Horizonte in der Tabelle auf S. 147 gegeben.

Die Aziditätsverhältnisse sind ganz ähnlich wie beim Humuspodsol, die Auswaschung des A-Horizontes ist fast ebenso intensiv. Unter dem braunhumosen oder schwarz abgesetzt braunhumosen B findet sich in beiden Fällen ein Gleihorizont. Dasselbe ist auf den Mützelburger und Falkenwalder Böden der Fall. Aus der Zusammensetzung des Grundwassers bei den beiden Gelbensander Beispielen und dem Ückermünder Gebiet mag folgendes angeführt sein:

Forstort	pH gekocht	Al_2O_3 (in mg/l)	Fe_3O_2 (in mg/l)	CaO (in mg/l)	MgO (in mg/l)	Glührückstand	
Gelb. 53	6,8	Spuren		39	14,5	196	Mittel von 2 Proben aus 2 verschiedenen Jahren
Gelb. 35	3,7	2,5	3,2	10,5	3,7	106	
Ückermünder Heide (cf. o.)	6,5 5—7	Spur bis 14		12 10—26	—	30—125	

Die Wuchsleistungen der Kiefer sind in Gelbensande Abteilung 53 sehr gut, in 35 noch fast sehr gut, in Groß-Mützelburg 30 d gut (II), in Falkenwalde 116 a und 147 b unter zweiter Bonität (II, 3 und II, 4). Im letzteren Falle beträgt die Auflagehumusschicht 35 cm. Das Grundwasser reicht in den B-Horizont (durchschnittlich etwa bei 0,80 m mit ± 30 cm Schwankung). In diesem Falle wird die Durchlüftung des Bodens oberhalb des Grundwasserspiegels unter der mächtigen Humusdecke minimal und wirkt sich im Höhenwachstum der Kiefer aus. Im Bodenprofil wird dieses durch geringere Gleiabsonderungen auffällig. *Wo die Humusdecke noch mächtiger wird*, wie in Gelbensande Abt. 49 a, ist der *Untergrund graublau* und enthält *keine Eisenrostflecke*. Das Höhenwachstum der Kiefer geht, ohne daß es genauerer Messungen bedurfte, sichtbar zurück. Dennoch vermag auf dieser über 1 m mächtigen Waldhumusschicht, *in der das Wasser flach ansteht*, ohne daß ihm an dieser Stelle durch seitliche Zuflüsse ein Luft- und Wasseraustausch zugeführt würde, die durch Hähersaat überall gesteckte Buche noch, wenn auch kümmerlich, zu vegetieren. Die Bodenvegetation, die auf dem Humuseisenpodsol derjenigen des reinen Humuspodsols im allgemeinen entspricht, ist dennoch nahezu frei von Sphagnum-Moosen; die Hochmoorbildung hat selbst hier noch nicht eingesetzt, auch wenn